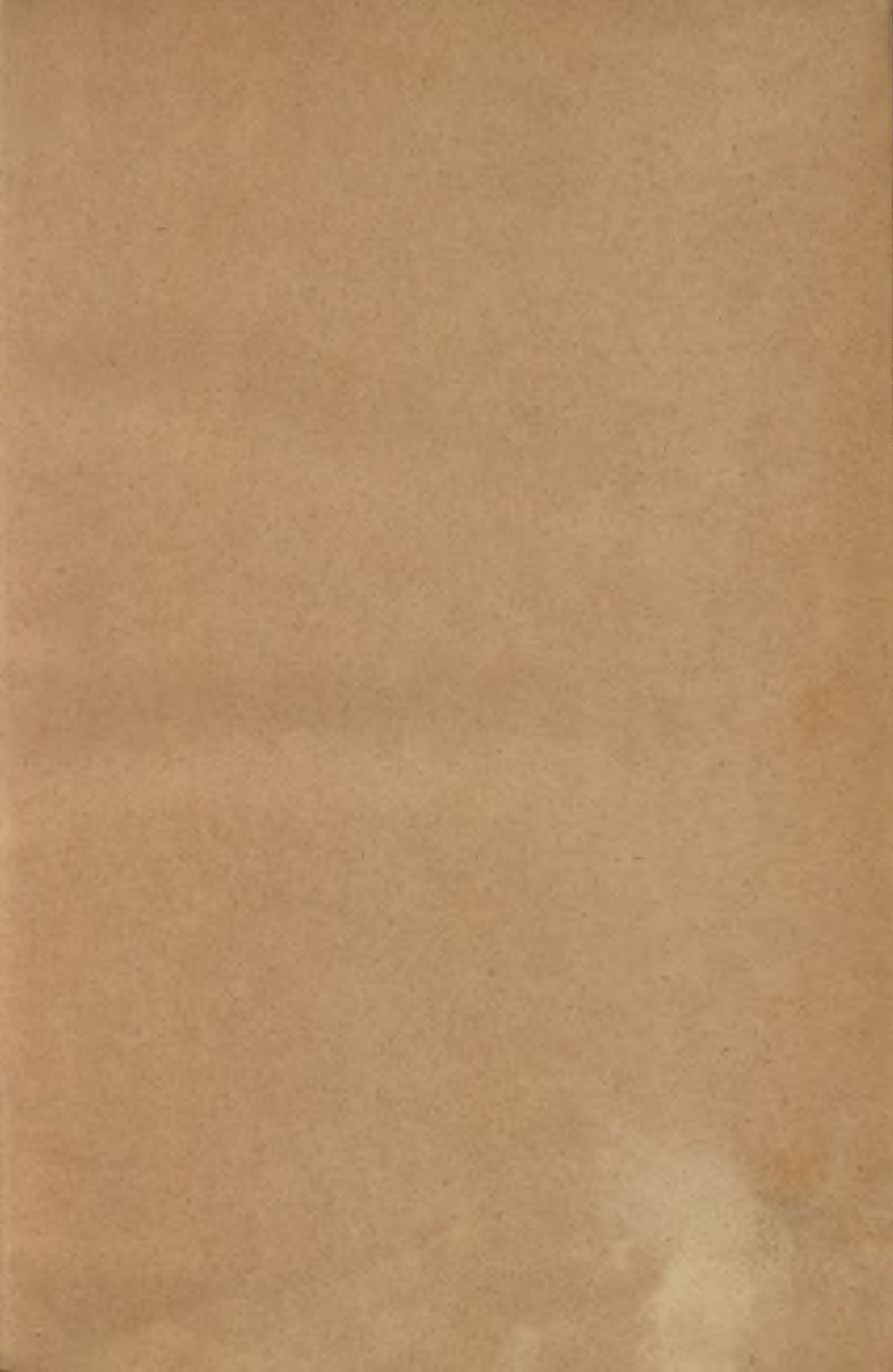


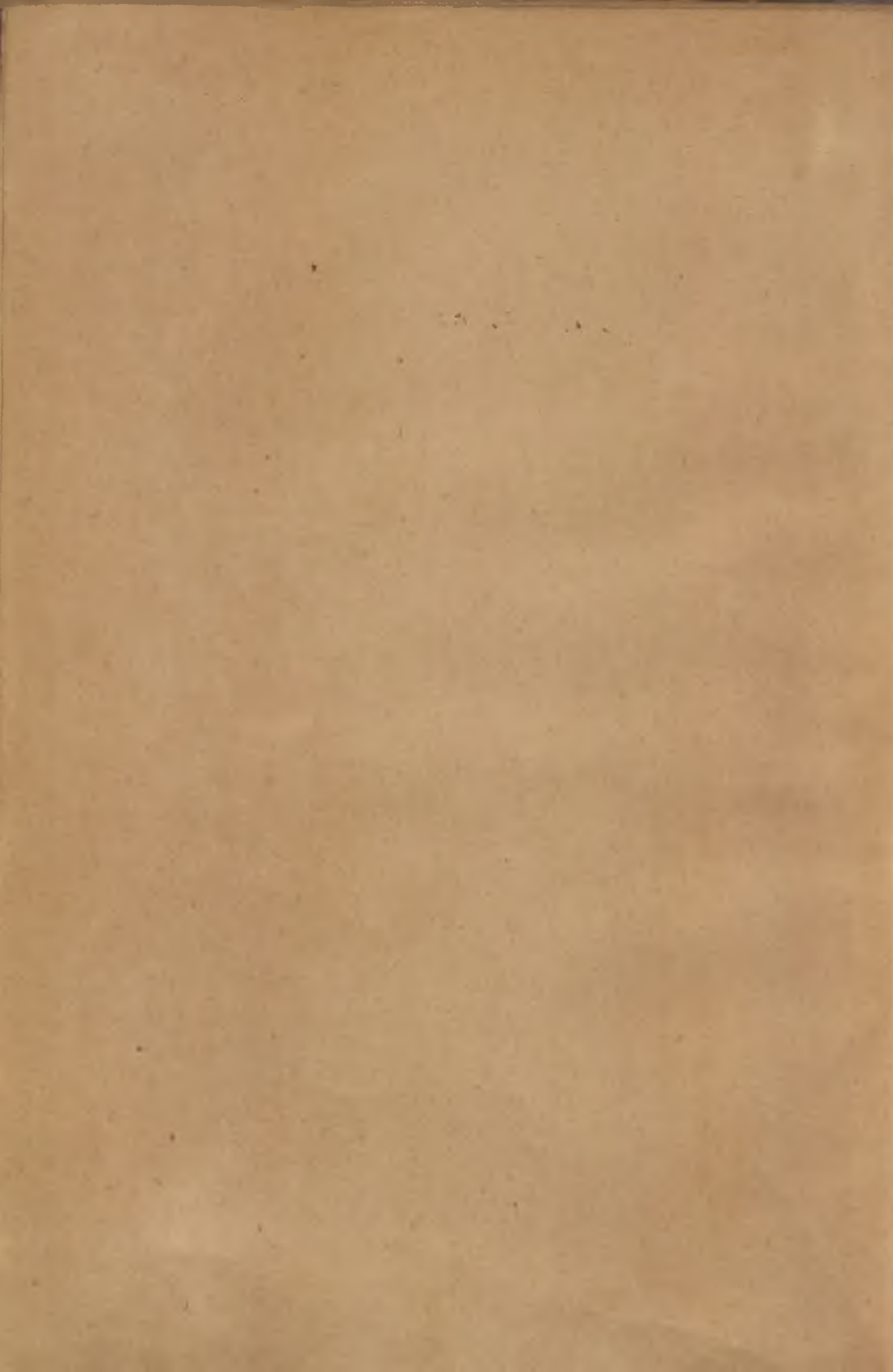
Fol. 0.

258

Földr. O.

258.





ÉG ÉS FÖLD,

VAGYIS

CSILLAGÁSZATI FÖLDRAJZ.

A SZÖVEG KÖZÉ NYOMOTT HETVEN FÁMETSZETTEL.

IRTA

HUNFALVY JÁNOS.

fr. 400.

PEST.

AZ ATHENAEUM SAJÁTJA.

1873.

M.ACADEMIA'
KÖNYVTÁRA

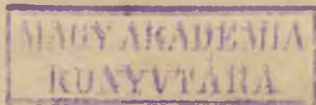
Post. 1875. Nyomtatott az „Athensensis” nyomdájában.

ELŐSZÓ.

Irodalmunk több, részint becses, munkát mutathat fel, melyek a *csillagászatot* s a *csillagászati* vagyis *mennyiségtani földrajzt* tárgyalják, s melyek részint általában a művelt olvasó közönségnek, részint különösen a tanítók és tanároknak vannak szánva. Ilyen munkák: Az égi és földtekék használata *Vállus Antaltól* (Bécs, 1846); Népszerű csillagászat *Hollósy Jusztiniántól* (Pest, 1864); A földgömb *Ballagi Károlytól* (Pest, 1870); Mennyiségtani és általános természettani földrajz *Berecz Antaltól* és *Lutter Jánostól* (Pest, 1870); kivált pedig Csillagos ég *Császár Károlytól* (Pest, 1872). Megemlíthetjük még: a nőnövendékek számára írt csillagászatot *Gyurits Antaltól*; az Utasítást a földgömb ismertetésére és használatára *Gönczy Páltól*, (Pest, 1871) s a Kalauzt a földgömb használatában *Fábián Mihálytól*.

Mindazáltal, úgy látszik, hogy az említett munkák. különösen a csillagászati földrajzra nézve, nem elégíthetik ki azoknak igényeit, kik alapos ismereteket és teljes tájékozottságot akarnak magoknak szerezni. A csillagászati földrajz sok tekintetben az egész földrajzi tudománynak alapja, s a ki ezt terjeszteni, tanítani és fejleszteni akarja, boldogulni alig fog, ha abban nincs kellő jártassága. Azért »Ég és Föld« című munkám talán nem felesleges és hiába való.

Tudván, hogy nálunk a rendszeres csillagászati földrajz megértésére szükséges előismeretek nincsenek általánosan elterjesztve, munkámban nem követtem azt a módot, melyet a tudomány szoros rendszere kíván. Szándékom nem az volt, hogy tudományos rendszeres csillagászatot



vagy csillagászati földrajzt írjak, hanem a csillagászatból és mennyiségtanból azt, mit a földrajzra nézve szükségesnek tartok, úgy igyekeztem előadni, hogy mindenki megérthesse, s a könnyebb tárgyak teljes ismeretébe bevezetve, a nehezebb dolgok felfogására is előkészíttessék. Oly munkát igyekeztem készíteni, melyet általában minden művelt ember is olvashasson és megérthessen, s mely különösen a tanítók és tanárok igényeit elégíthesse ki. Külömben e munkámat úgy bocsátom közre, mint az *egyetemes földrajzi kézikönyv első kötetét*. Régóta dolgozgatok e kézi könyven, s ha Isten éltet, nemsokára a *természettani földrajz* fogom sajtó alá adni.

E jelen kötet kidolgozásánál egyebeken kívül különösen a következő munkákat használtam:

Diesterweg: Populaere Himmelskunde und astronomische Geographie; *Birnbaum*: Grundzüge der astronomischen Geographie, Lipesc, 1862; *Sydow*: Geographischer Leitfaden, Gotha, 1862; *Arago*: Astronomie populaire (németül is megjelent); *Littrow*: Die Wunder des Himmels, Bécs, 1866, *Guillemin*: Le Ciel, Páris, 1866 (németül is megjelent); *Miedler*: Populaere Astronomie; *Maedler*: Der Himmel, Hamburg, 1871; *Zech*: Himmel und Erde, München, 1870; *Lamont*: Astronomie und Erdmagnetismus, Stuttgart, 1858; *Peschel*: Geschichte der Erdkunde, München, 1865; *Lockyer*: Elementary lessons in Astronomy, London, 1871; *Steinhauser*: Grundsätze der mathematischen Geographie und der Landkarten-Projection, Bécs, 1857 s második kiadásban 1872; *Klöden*: Physische Geographie, 1872, második kiadásban; *Humboldt*: Kosmos.

Végül az olvasót arra kell kérem, hogy a fájdalom, igen számos sajtóhibákat szíveskedjék kiigazítani, mielőtt a munka olvasásához fog.

Kelt Budán, 1872. október havában.

É G É S F Ö L D .

BEVEZETÉS.

A legszükségesebb előismeretek a mennyiségtanból.

Vonalok. *Egyenes* vonal az, mely folyvást egy és ugyanazt az irányt követi. Azt az irányt, melyet szabadon eső testek követnek, s mely Földünk középpontja felé tart, *tetőleges* vagy *függőleges* (vertical) iránynak mondjuk. A mely vonalnak az az iránya, *tetőleges, függőleges* vonal. Azt az irányt, melyben nyugvó víz felszíne terjed, *vízszintes, fekvőleges, fekmentes* (horizontál) iránynak mondjuk, s a mely vonal ily irányban halad, *vízszintes, fekvőleges* vonal. A mely vonal se nem tetőleges, se nem vízszintes, az *ferde* vagyis *részatos* vonal.

Oly egyenes vonalok, melyek egyenlő irányban s mindig egymástól egyenlő távolságban haladnak, *egyenközű*, (párhuzamos) vonalok. Ezek irányukra nézve tetőlegesek, vízszintesek vagy ferdek lehetnek.

Oly egyenes vonalok, melyek más-más irányban haladnak, s e szerint egyik végükön egymáshoz közelednek, a másikon pedig egymástól távolodnak, természetesen nem egyenközűek, hanem ott, hol egymás felé közelednek, *összehajlók*, ott pedig, hol egymástól távolodnak, *széthajlók*.

Szöglet. A nem egyenközű vonalok ott, hol összehajlanak, megnyújtatván egymással találkoznak s egymást szegik. Két összehajló s egymással találkozó egyenes vonal *szögletet* képez. A szöglet tehát két egyenes vonal különböző irányainak mérve és azt mutatja, mennyivel tér el egyik egyenes vonalnak iránya a másikétől. A szögletet képző vonalok annak *oldalai, szárai*. A szöglet annál nagyobb, minél széthajlóbb a két szára, de a szárok kisebb vagy nagyobb hosszúsága nem változtat a szöglet mekkoraságán.

Ha valamely egyenes vonal más egyenes vonalon úgy áll, hogy ennek mindkét oldalán egyenlő nagyságú szögleteket képez, azt mondjuk, hogy az első vonal a másikon *függetlenül* vagyis

merőlegesen (senkrecht) áll; az egymásra nézve merőleges vonalok által képezett szöglet *derékszög* vagyis *épszög*. Az egymással találkozó tetőleges és vízszintes vonalok egymásra nézve mindig merőlegesek, tehát egymással mindig derékszöveget képeznek. Ámde két ferde vonal is merőleges lehet egymásra nézve, mert bármely irányban levő két vonal derékszöveget képezhet, s korántsem szükséges, hogy a merőleges vonalok közül az egyik tetőleges s a másik vízszintes legyen.

A mely szöglet a derékszögnél kisebb, azt *hegyesnek*, s a mely nagyobb, azt *tompának* nevezzük.

Görbe vonalok. Kör. Minden vonal, mely irányában folytonosan változik, *görbe vonal*. A görbék nagyon sokfélék lehetnek, közülük legnevezetesebbek a *kör* és *kerület*.

A *kör* oly görbe vonal, mely magába visszatér, azaz, melynek két vége összeér, s melynek minden egyes részeeskéje, azaz pontja egyenlő távolságra esik a körvonalon belül, tehát ennek épen *kellő közepén* levő ponttól. Azt a pontot, melytől a körvonal minden részeeskéje tökéletesen egyenlő távolságra van, *középpontnak* (centrum), a körvonal által határolt területet pedig *körtérnek* nevezzük; a kör egész görbéje a *körület* (peripheria), a körtület egyes, kisebb nagyobb, részei, a kör *ívei*.

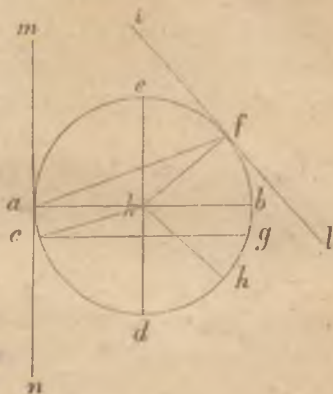
Az az egyenes vonal, melynek körülforghása által a kör támad, vagy mely által magunknak képzeljük, hogy támad, a kör *sugara* (radius). Tehát sugár minden egyenes vonal, melyet a kör középpontjából a körtület valamely pontjára húzunk vagy húzhatunk. A mely egyenes vonal a körnek középpontján átmenve a körtület két átalellenben eső pontját köti össze, mely tehát egy irányban eső kettős sugár, az a körnek *átmérője* (diameter). Ellenben az oly egyenes vonal, mely a körtület két pontját összeköti, a nélkül hogy a körnek középpontján menne keresztül, nem átmérő, hanem a kör *húrja* (Selme).

Minden vonal, mely a körön kívül esik s a körtületnek csak egyetlen egy pontját érinti, a kör érintője (tangens); oly egyenes vonal pedig, mely a körtületet két ponton szegvén részint a körön belül, részint azon kívül esik, *szegő* vagyis *szelő* (secans).

Megkülönböztetjük a körtérnek egyes részeit is. Az a rész, mely akár átmérő, akár húr és az illető, azaz hozzájuk tartozó körív között van, *kör szelet* (Kreisabschnitt, Segment); a kisebb nagyobb körívek végpontjaira vont sugarak által kivágott ékalakú

rész a kör *kiszelése, kivágása* (Kreisausschnitt, Sector); végre a körterének az a része, mely egy átmérő s a vele egyenközli húr, vagy pedig általában két egyenközli húr és az ezek végpontjai közé eső körívek között van, a *kör öve* (Zona.) A kör húrjai egyenlőtlen, átmérői pedig egyenlő szeletekre osztják a körteret.

Ez idomban *k* a kör *középpontja*, *ebda* a kör *kerülete*, *kf*, *kb*, *kh* stb. a kör *sugarai*, *ed*, *ab* a kör *átmérői*, *af*, *eg* a kör *húrai*, *il*, *mn* a kör *érintői*, *ae*, *fa* és *ad*, *fa* *körszeletek*, *fkh*, *ake* *körkivágások*, *akbgca* a kör *öve*.



1. idom.

Szög mérés. Külömböző nagyságú körök, melyeknek egy közös középpontjuk van, *közös középpontú, egyközpű* (concentricus) körök. A kör átmérője, mint láttuk, két oly sugár, melyek egyenes vonalt képez-

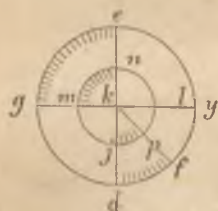
nek; de oly sugarak, melyek nem esnek egyenes vonalba, okvetlenül a kör középpontjában összehajlanak, tehát szögletet képeznek, még pedig *középponti szögletet*, s a körületen a szerint a mint egymástól kisebb nagyobb távolságra esnek, kisebb nagyobb ívet fognak be. Minden szög, melynek csücske a kör középpontjába esik s melynek szárait két sugár képezi, *középponti szöglet*. Ellenben oly szögletek, melyek csücske a körületnek valamely pontjára esik s melyeknek szárait két húr képezi, *körületi*, vagyis *körbe írt szögletek*.

Minél nagyobb a kör középpontjában két sugár által képezett szöglet, annál nagyobb a kör kerületén az illető két sugár által befogott vagy kiszelt ív; viszontag minél nagyobb az ív, annál nagyobb az annak megfelelő középponti szöglet. A középponti szögletek és az azoknak megfelelő kerületi ívek mekkoráságai szoros kapcsolatban vannak egymással. Tehát az ív nagysága a középponti szöglet mértékeül, s viszont a szöglet nagysága az ív mértékeül szolgál.

Minden kör kerülete, akár nagy akár kicsiny, egyaránt 360 egyenlő részre osztatik, minden ily rész *foknak* (gradus) nevezetik. Minden fokot 60 egyenlő részre, *ívperezre* vagy egyszerűen *perezre*, s minden ívperezet ismét 60 egyenlő részecskére, *másodperezre* oszt-

tunk. Az ívbeli fokokat, perczeket és másodperczeket úgy szokták megjelölni, mint az órát és időbeli perczeket és másodperczeket. Pl. $5^{\circ} 42' 35''$ annyi mint 5 fok, 42 ívpercz, 35 ívmásodpercz.

A szögletek nagyságát a kör ezen felosztása szerint határozzuk meg. A mint az egyes szögleteknek megfelelő ívdarabok nagysága 20, 30, 60 stb. foknyi, a szerint mondjuk, hogy a szögletek 20, 30, 60 stb. foknyiak. A derékszög nagysága 90 fokot tesz, tehát a kör kerülete 4 derékszöget zár körül. A hegyes szögnek kevesebb, a tompa szögnek pedig több mint 90 foka van.



2. idom.

Ez idomban *cyfdg* és *nlpjm* egyközepű körök, *dkf*, *gke* stb. középponti szögek, *ge*, *mn*, *df*, *jp* stb. ívek, *gke*, *eky*, *gld* és *dky* derékszögek, melyek a körből egy-egy negyedat vágnak ki, *kg*, *ke*, *ky*, stb. azoknak szárai, *k*-nál csücsuk van; *gld* és *dky*, valamint *gkf* és *fkj* mellékszögek, mert egymást két derékszöggé egészítik ki. Ezt ekkép fejezzük ki: $gkf + fkj = 2 R$. (azaz rectus angulus), *dk* merőleges *yg*-re, így *yk* is merőleges *ed*-re, *ykf* hegyes szög, mert kisebb mint *ykld* derékszög, *fkj* pedig tompa szög, mert nagyobb *dkg* derékszögnél.

A szögletek nagyságának megmérésére fokokra felosztott rézkört vagy kördarabot használunk. Nevezetesen vízszintes sikon levő szögleteket az úgynevezett *szögátvivő* (transporteur) segítségével mértünk meg.



3. idom.

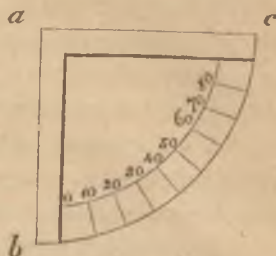
Az idom által ábrázolt eszköz a pontját a megmértendő szöglet csücsára, *ab* vagy *ac* oldalát pedig a szöglet egyikszárára illesztjük, akkor a szöglet másik szára (vagy egyenes vonalban meghosszabbított darabja) a szögátvivő félkörének valamely pontját éri s az *e* ponton olvasható szám közvetlenül mutatja meg a szöglet nagyságát fokokban.

Tetőleges sikon levő szögletek megmérésére az úgynevezett *negyedlő* vagyis *körnegyed* (quadrans) szolgál.

Tetőleges sikon levő szögletek megmérésére az úgynevezett *negyedlő* vagyis *körnegyed* (quadrans) szolgál.

$cab = R$ (derék szög), *a*-nál egy zsinegen kis golyó (súly, piom) függ, mely a tetőleges irányt mutatja. Ha a golyó vagyis piom a negyedlő *o* pontjára esik, akkor *ac* vízszintes irányban van.

A mint már a megméréndő tetőleges szöglet *magassági* vagy pedig *mélységi* szög, a szerint vagy *c* vagy *a* felől kell nézni. Ha magassági szöget akarunk mérni, *c* felől néztünk s *ca*-t a kellő magassági irányba helyeztük; ha pedig mélységi szöget akarunk mérni, *a* felől néztünk s *ac*-t helyeztük az illető süllyedési irányba. Mindkét esetben a piom függése közvetlenül megmutatja, hány fokkal tér el az adott szöglet a tetőleges vagy pedig vízszintes iránytól.



4. idom.

Kerülék. Ez úgy mint a kör magába visszatérő, azaz zárt görbe, de körületének részecskéi nem egy, hanem két, a kerület belsőjében levő ponttól esnek egyenlő távolságra.

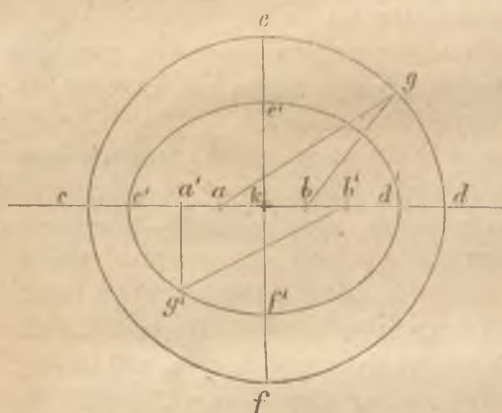
Kerüléket vagyis *ellipsist* ekkép csinálhatunk: tegyünk ~~doz~~ kalapra egy papirdarabot, szúrjunk beléje egymástól némi távolságban két tűt, vegyünk egy szálat, mely legalább kétszer oly hosszú legyen, mint a beszúrt tűk egymástól való távolsága, kössük össze a szálnak két végét, vessük a szálat a két tű köré s a másik végén feszítsük meg egy toll vagy íróón hegyével. Ha azután a tollat vagy íróónt a papíron körüljártatjuk, úgy hogy a szál mindig a tűk körül kifeszítve maradjon, akkor ellipsis vagyis kerülék támad. A szerint, a mint a két tűt egymástól kisebb nagyobb távolságra beszúrjuk, s a mint a szálat rövidebbre vagy hosszabbra vesszük, más-más alakú kerüléket kapunk; ha a tűk egymástól való távolságához képest igen hosszú szálat veszünk, a kerülék keveset üt el a körtől, ha ellenben a szál aránylag rövid, a kerülék hosszúra nyúlik ki. A beszúrt tűk pontjai a kerülék *gyűpontjai*, s minden egyenes vonal, melyet egyik vagy másik gyűpontból a kerülék körületére húzunk vagy húzhatunk, a *kerülék vezérsugara* (radius vector). Ha t. i. kerülékalakú fém karikát veszünk, melynek belső oldala meg van esiszolva, s egyik gyűpontjába égő gyertyát helyeztünk, akkor ennek fény- és hőszugara, melyek a karika belső oldalára esnek, ettől úgy veretnek vissza, hogy a másik gyűpontban gyűlnek össze s azt jobban világosítják és melegítik meg, mint a karika belső oldalának vagy területének bármely más részét.

A kerülék a kör után a legegyszerűbb görbe zárt vonal; sőt maga a kör is oly kerüléknek tekinthető, melyben a két gyűpont összeesik s egyszersmind az egész görbének középpontja. Mert ha

két tű helyett egyet szúrunk be, s a körüljártatjuk kifeszített szállal az írónt, kör támad, s egyenlő szál mellett minél közelebb szúrjuk be egymáshoz a két tűt, annál hasonlóbb a kerülek a körhöz. Az a szám, mely jelenti, hányszor hosszabb a szál mint a két tűnek egymástól való távolsága, a kerülek alakját határozza meg.

A két gyúpont közötti távolság közepe a *kerülek középpontja*. A gyúpontok tehát a középponttól s egyszersmind a kerüleknek egymástól legtávolabb eső pontjaitól is egyenlő távolságban vannak.

Ez idom két kerületet mutat a tűk a és b meg a' és b' pontokon voltak beszúrva, tehát ezek a *gyúpontok*, melyek k középpont-



5. idom.

tól s egyszersmind c és d meg c' és d' pontoktól egyenlő távolságban vannak, azaz $ak = kb$ s $ac = bd$. Így $a'k = kb'$ és $a'c' = b'd'$. A középponton és gyúpontokon átmenő cd és $c'd'$ vonal a két kerület *nagy tengelye* (apsis), c és d , meg c' és d' a nagy tengely végpontjai (az apsis pontjai); ef és $e'f'$ vonal, mely a kö-

zépponton átmenve a két kerületnek egymáshoz legközelebb eső pontjait kapcsolja össze, a *kis tengely*. A kis tengely tehát a nagy tengelyt a kerület középpontján szögi, s egyik tengely a másikra merőlegesen áll. ag és bg a külső, $a'g'$ és $b'g'$ a belső kerület *vezérsugarai*. A kerület bármely pontjából a két gyúpont felé vont két vezérsugár együtt véve oly hosszú, mint a nagy tengely; pl. $ag + gb = cd$, és $a'g' + b'g' = c'd'$.

A két gyúpont távolsága a középponttól a kerület *középkivülisége* (excentricitas), tehát ak és bk a külső, $a'k$ és $b'k$ a belső kerület középkivülisége. Az bizonyos arányban van a nagy tengely hosszával, tehát az egész kerület alakjával. Minél kisebb a kerület középkivülisége, annál inkább közelíti meg a kört; minél nagyobb pedig az excentricitas, annál hosszukásabb a kerület, tehát annál jobban tér el a kör alakjától.

A középkivüliség mekkoraságát törtszámmal szokták kifejezni. T. i. az arányszám, mely jelenti, hányszor hosszabb a szál

mint a tűk (gyűpontok) egymástól való távolsága, egygyel kisebbnek vétetik s a törtszám nevezőjét teszi, számlálója pedig az egység. Pl. ha a szál 60-szor hosszabb, mint a tűk (gyűpontok) egymástól való távolsága, akkor az illető kerülek középkívülségét $\frac{1}{60}$ -del fejezzük ki. Ez a földpálya középkívülsége. Oly kerületeket, melynek középkívülsége ily csekély, a körtől már csak igen pontos mérések által lehet megkülönböztetni. A feljebbi idomban a külső kerülek már alig különböztethetők meg a körtől, pedig az alkotásánál alkalmazott szál körülbelől csak $4\frac{1}{2}$ -szer hosszabb, mint a gyűpontok távolsága. A belső kerülek már jobban tér el a körtől, szála körülbelől $2\frac{3}{4}$ -szer hosszabb mint a gyűpontok egymástól való távolsága.

Idom. Háromszög. A vonalnak csak egy kiterjedése van, t. i. hosszúsága, tehát az rendesen még nem idom. De a görbe zárt vonalak, mint a kör és kerülek már idomok, mert minden tér (terület, felület,) mely vonalak által teljesen be van kerítve, *idomnak* neveztetik. Az idom területe vagy *sík*, *lapos*, vagy *görbe*, *hajlott*. Az egyenes vonalak, melyek a területet határolják, az idom oldalai, melyek együttvéve az idom kerítését, határait teszik. Az idom egyenes, görbe, vagy vegyes vonalú, továbbá három, négy vagy több oldalú lehet, a mint t. i. három, négy vagy több vonallal van bekerítve. A hány oldala van az idomnak, annyi szöglete is van, tehát az idom lehet *háromszög*, *négyszög*, *ötszög*, *hatszög* stb. A mely idomnak több mint négy szöge van, rendesen *sokszögnek* (polygon) neveztetik.

A sokféle idomok közül a körön és kerületen kívül csak a *háromszöget* kell megenlítenünk.

Minden idom, mely három egyenes vonallal van berekesztve, *háromszög*; a berekesztő vonalak a háromszög *oldalai*, melyek együtt annak kerítését teszik. Minden háromszögben tehát három oldal és három szöglet van; mindegyik oldalhoz két mellette levő s egy átellenben levő szöglet tartozik. Az egyes oldalakat tekintve a háromszögek vagy *egyenlő oldalúak*, vagy *egyenlő szárúak*, vagy *egyenlőtlen oldalúak*; azokban mind a három, a másod-rendbeliekben két oldal egyenlő, az utolsókban pedig mindegyik oldal különböző hosszúságú. A háromszög egyik oldalát *talp-* vagyis *alapvonalnak* mondjuk, t. i. azt, melyen azt képzettnek gondoljuk, az alapvonalra húzott merőleges vonal a háromszög *magassága*. Az

egyes szögleteket vagy beljök irt külön betűkkel, vagy úgy jelöljük meg, hogy a három szöglet mellé irt betűket oly rendben mondjuk, hogy az, mely a kérdéses szöglet mellett áll, középre jusson.

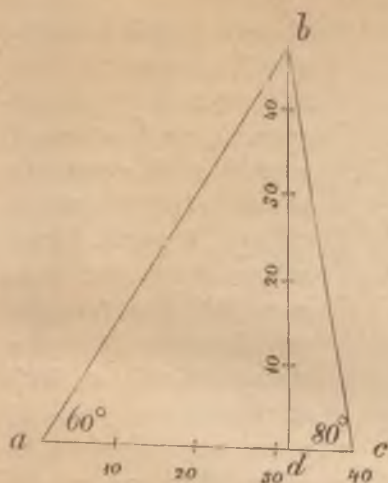
Minden háromszög belső szögletei együttvéve két derékszöget képeznek, vagyis egyenlők 180 fokkal, azért minden háromszögben csak egy derék vagy tompa szög lehet, s a másik kettőnek okvetlenül hegyesnek kell lennie; de természetesen mind a három szöglet is hegyes lehet. A *derékszögletű háromszögben*, azaz oly háromszögben, melynek egyik szöglete derékszög (90 foknyi), a derékszögnek átellenében levő oldal *átfogónak* (hypothenusá), a másik két oldal pedig, melyek a derékszöget berekesztik, *befogónak* (katheta) neveztetik.

Ha valamely háromszögnek két szöglete ismeretes, a harmadik könnyen kiszámítható, pl. ha az egyik szöglet 60, a másik 70 foknyi, a két szöglet együtt 130 fokot tesz, tehát a harmadiknak 50 fokot kell tennie, mert így a három szöglet együtt 180 foknyi lesz.

Két háromszög *egyenlő*, ha területe vagyis térmennyisége egyenlő nagyságu; két háromszög egymással *hasonló*, ha alakja ugyanaz, noha térmennyisége, tehát oldalainak hossza különböző; végre két háromszög *összeillő*, *összevágó* (kongruens), ha alakja és nagysága ugyanaz, ha tehát a két háromszögben az egyenlő oldalaknak egyenlő szögletek s az egyenlő szögleteknek egyenlő oldalak felelnek meg. A háromszög magassága a talpvonal hosszától s a mellette levő szögletek nagyságától függ. Minél hosszabb a talpvonal s minél nagyobbak a mellette levő szögletek, annál nagyobb a háromszög magassága. Ha két háromszögben a talpvonal mellett levő szögletek egyenlők, ha tehát a két háromszög hasonló s azért az oldalak mindkét háromszögben hasonló fekvésűek, akkor a két háromszög közül annak magassága kisebb, melynek rövidebb talpvonala van, még pedig annyiszor kisebb a magassága, a hányszor rövidebb a talpvonala.

A 6-dik és 7-dik idom két hasonló háromszöget ábrázol, melyekben a talpvonal melletti szögletek egyenlők, de a 6-dik idomban az *ac* talpvonal kétszer akkora, mint a 7-dik idomban, s így a 6-dik idomban ábrázolt háromszög magassága *bd* vonal is kétszer akkora, mint a 7-dik idomban ábrázolt háromszög *bd* magassága.

Ha valamely háromszögben a talpvonal hosszát s a mellette levő két szöglet nagyságát ismerjük, nemcsak a másik két oldal



6. idom.



7. idom

fekvését és
hosszát
s a talpvo-
nallal átél-
lenben eső
szögletnagy-
ságát hatá-
rozhatjuk

meg, hanem
az egész há-
romszög magasságát is kiszá-
míthatjuk.

A derékszögletű háromszög
oldalai a hosszúságra nézve bi-
zonyos meghatározott arányban

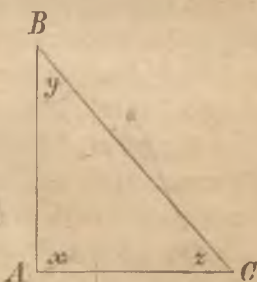
vannak egymással; ha pl. a derékszögletet képező két oldalnak
hossza 3 és 4, akkor a harmadik oldalnak hossza 5.

Színus. Koszínus. Utóbb elő fog fordulni e két nevezet, s
azért itt röviden meg kell magyaráznom, hogy mit értenek alatta.

Derékszögletű háromszögben mindkét hegyes szögletére nézve
az *átellenben fekvő befogót* megmérve az *átfogóval* (hypotenusa)
mint mértékegységgel az illető hegyes szög-
let *színusának*, a *mellette fekvő befogót*
pedig megmérve az *átfogóval* *koszínusnak*
nevezik. Vagyis valamely szöglet *színusa*
alatt azt a számot értik, mely abból ered, ha
az annak a szögletnek *átellenében fekvő*
oldalt a derékszögnek *átellenében fekvő ol-*
dallal megmérik, felosztják.

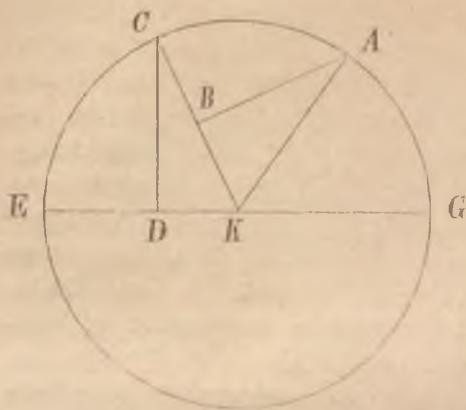
Az itt látható derékszögletű három-
szögben x szöglet derékszöglet, y és z szög-
letek hegyesek. Tehát y szöglet *színusa* AC oldal megmérve BC ol-
dallal, ezt így fejezik ki: $\frac{AC}{BC}$; y szöglet *koszínusa* AB megmérve
vagyis osztva BC -vel, vagyis $\frac{AB}{BC}$; z szögletnek *színusa* AB meg-
mérve BC -vel, s ugyancsak z szögletnek *koszínusa* AC megmérve
 BC -vel.

A 9-dik idom kört mutat két derékszögletű háromszöggel,
egyik CDK , melyben D -nél van a derékszöglet, másik ABK , mely-
ben B -nél van a derékszöglet. Az előbbi háromszögben DCK he-



8. idom.

gyes szöglet *szinusa* DK megmérve CK -val, ugyanannak a szöglet-



9. idom.

nek koszinusa CD megmérve CK -val ; CKD hegyes szögletnek *szinusa* CD megmérve CK -val és koszinusa DK megmérve CK -val. A másik háromszögben BAK szöglet *szinusa* BK megmérve AK -val, koszinusa AB megmérve AK -val, s BKA szögletnek *szinusa* AB megmérve AK -val és koszinusa BK megmérve AK -

val. Tehát a mi valamely derékszögletű háromszögben az egyik hegyes szöglet szinusa, az a másik hegyes szöglet koszinusa s viszont.

Minthogy mind a szinusra mind a koszinusra nézve az átfogó a mértékegység, azért a szinus és koszinus megjelölésénél azt mellőzhetjük s egyszerűen csak a megméréndő oldalt említhetjük. Pl. a 8 dik idomban y szöglet szinusa AC .

A szinusok és koszinusok leginkább a körre vonatkoztattatnak, hol az elébb említett mértékegységet, melyet a háromszögben az átfogó jelent, az illető kör *sugara* által fejezzük ki. A sugarat görög r betűvel (ρ) jelöljük meg.

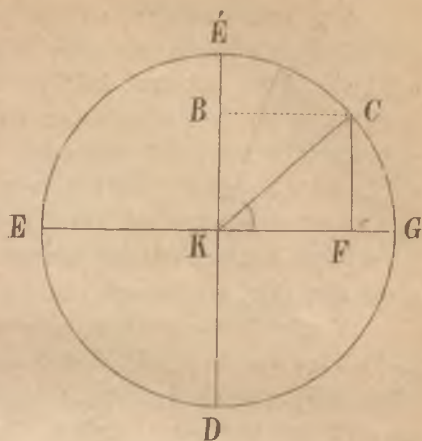
Igy pl. a 10-dik idomban CKI' szöglet szinusa CF megmérve KC sugárral, (l. köv. lap) azaz $\frac{CF}{KC}$, vagyis $\frac{CF}{r}$, ugyanazon szögletnek koszinusa KF megmérve KC sugárral.

Ha CKG szöglet annyival nagyobbodik, hogy EKG szöglet nagyságát éri el, vagyis derékszögletté lesz, akkor annak szinusa EK megmérve EK -val, vagyis teljes sugár mint egység, s a koszinusa $= 0$. Ha ellenben CKG szöglet folyvást kisebbedik s végre KG egyenes vonalba megy át, vagyis szárai összeesnek s így 0 szögletet képeznek, akkor annak szinusa $= 0$, koszinusa pedig KG megmérve KG -vel, vagyis a sugár mint egység.

Tehát minden szöglet szinusának s illetőleg koszinusának számbeli értéke a szöglet és szárainak nagyságától függ, s ezt az értéket mindenféle nagyságú szögletekre és a szárak hosszának egységére nézve kiszámították. Vannak e szerint matematikai táblák,

melyeken a különböző szögletek szinusainak és koszinuszainak számértékét feljegyezve találjuk.

Test. Gömb. A vonalnak csak egy kiterjedése van, t. i. hosszúsága, a területnek két kiterjedése van, t. i. hosszúsága és szélessége, végre a *testnek* három kiterjedése van: hosszúsága, szélessége és magassága (vastagsága, mélysége). A vonal egyes pontokból áll, a területet vonalak rekesz-



10. idom.

tik be, a testet végre területek, lapok fogják be. A testet befogó területek laposak (síkok), görbék vagy pedig vegyes laposak és görbék lehetnek. Valamint a területek, úgy a testek is nagyon különböző alakúak.

A gömbölyű testek közül legnevezetesebbek: a *gömbök*, *kúpok* és *hengerek*. Itt csak a gömbökről kell néhány megjegyzést tennünk.

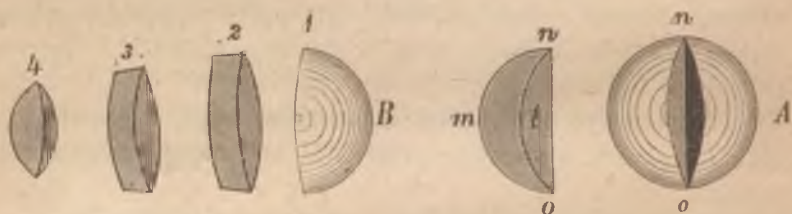
Gömb (teke, golyó) oly test, melynek görbe területe egy van meghatározva, hogy felületének minden pontja egyenlő távolságban esik a gömbön belül levő középponttól. Támadását úgy képzelhetjük magunknak, hogy a kör saját tengelye körül forogva nyomokat hagy s a testet köröskörül meghatárolja. Azért a mit a körről mondtunk, bizonyos tekintetben a gömbről is áll.

Minden egyenes vonal, melyet a gömb középpontjából annak felületére húzunk, vagy képzelünk, a *gömb sugara*; oly egyenes vonal pedig, mely a középponton keresztül a gömb felületének két átellenben fekvő pontját köti össze, a *gömb átmérője* vagyis *tengelye*. A gömb valamennyi sugarai egyenlő hosszúságúak, mert a gömb felületének minden pontja egyenlő távolságra esik a középponttól; az átmérő pedig mindig egyenlő a gömbnek két sugarával.

A gömb tengelyének két végpontját sarknak nevezik, t. i. ha a gömb forog, különösen azon átmérője vagyis az a képzelt egyenes vonal, mely körül forog, neveztetik tengelynek, cz a képzelt vonal pedig nem forog s így végpontjai, a sarkok sem forognak, hanem a gömb mintegy ezekben és tengelye körül forog.

Oly terület vagyis sík, mely a gömb felületének egyetlen pontját éri, a gömb *érintő síkja*. Minden egyenes sík, midőn a gömböt ketté vágja, átmetszi, *körteret* vagyis *körlapot* vág ki. A mely szelő sík a gömb középpontján megy keresztül, az a gömböt két egyenlő felerészre, két *félgömbre* osztja. A gömböt két egyenlő részre osztó átmetszési sík köre a gömbnek *legnagyobb köre*. Ellenben az oly szelő síkoknak körei, melyek középpontja nem esik össze a gömb középpontjával, melyek átmérője tehát kisebb mint a gömb átmérője, a gömbnek *kisebb körei*.

A gömböt felező síkok, melyek egymást közös átmérőben szegik, *ékekre* vagyis *gömbkivágásokra* (Kugelausschnitt), — oly szelő síkok pedig, melyek a gömböt felező síkkal egyenközűek, *gömbszeletekre* (Kugelabschnitte) osztják. Ha valamely gömböt egymással egyenközű síkok által szeljük, a gömb felületének azt a részét, mely két szelő sík között van, *gömbövnék* (Zone) mondjuk.



11. idom.

A 11-dik idom átszelt gömböket mutat. *A* gömbből *no*-nál egy kivágás van kiszelve, melyet az *nom* mutat. *B* gömb négy szeletre van osztva, melyek közül 1 a gömb egyik felét, 2, 3, 4 pedig másik felének egyenlő vastagságú de különböző nagyságú részeit mutatja.

Mérték. Mérés. Mérni annyit tesz, mint keresni, hányszor foglaltatik valamely, *egységül*, azaz *mértékül* választott mennyiségben egy más mennyiségben.

Midőn vonalt mérünk, azt keressük, hogy bizonyos meghatározott hosszúság, melyet egységül használunk, hányszor foglaltatik abban. A vonalak megmérésére használt egységek tehát *hosszmértékek*. Ilyenek pl. a hüvelyk, láb, rőf, öl, mélyföld ¹⁾ stb. A hüvelyk 12 vonalra, a vonal 12 pontra osztatik, 12 hüvelyk = 1 láb, 6 láb = 1 öl, 4000 öl vagyis 24,0000 láb = 1 mélyföld.

¹⁾ A »mértföld« vagy »mértföld« helytelenül kapott fel »mélyföld« helyett.

Különböző országokban különböző hosszsmértékek divatoznak. Most a francia tizedes mértékrendszer terjed el mindinkább. Ebben a hosszsmérték alapegysége a *meter*; ez 10 decimeterre, ez megint 10 centimeterre s végre ez 10 millimeterre osztatik. Tehát $1 \text{ meter} = 10 \text{ decimeter} = 100 \text{ centimeter} = 1000 \text{ millimeter}$. $10 \text{ meter} = 1 \text{ dekameter}$, 10 dekameter vagyis $100 \text{ meter} = 1 \text{ hektometer}$, 10 hektometer vagyis $1000 \text{ meter} = 1 \text{ kilometer}$ s végre 10 kilometer vagyis 100 hektometer vagyis $10,000 \text{ meter} = 1 \text{ myriameter}$.

Egy francia meter annyi mint 3.163^2) (azaz 3 egész és $\frac{163}{1000}$) bécsi láb, egy francia kilometer $= 0.132$ osztrák vagyis 0.135 német (földrajzi) mfd. Egy francia myriameter annyi mint 1.32 osztrák, vagy 1.35 német mfd, Tehát egy német vagyis geographiai mfd $= 7.42$ kilometer.

Tertületeket oly mértékekkel mérünk, melyek hossza és szélessége egyenlő, azaz, melyek *négyszetek* (quadrat), tehát négyzet (\square) hitvelyekkel, lábbal, öllel, mélyfölddel, kilometerrel. Egy francia *hektare* $= 1.737$ katastralis hold, egy *are* annak századrésze; egy angol *aere* $= 1125.2$ bécsi \square öl, vagyis 0.703 katastralis hold. Egy *porosz hold* $= 0.443$ kat. hold. A földrajzban leginkább négyzet mélyföldeket vagy kilometereket használunk. Egy geographiai vagyis német \square mfd $= 55.062 \square$ kilometer vagy $48.385 \square$ verst, vagyis 21.26 angol \square mfd, vagy 0.95 osztrák \square mfd.

Testeket koczka vagyis köb mértékekkel, súlyokkal, üreges mértékekkel stb. mérünk. Ezek is nagyon sokféle nevezetűek és nagyságúak, azonban a francia mértékek és súlyok szintén mindinkább elterjednek. Száraz testek mérésénél a francia *litre* $= 0.13$ bécsi véka, 1 *hektolitre* vagyis $100 \text{ litre} = 1.626$ bécsi mérő.

Folyadékok mérésénél egy francia *litre* $= 0.707$ bécsi pint, egy francia hektolitre vagyis $100 \text{ litre} = 70.7$ bécsi pint vagyis 1.96 bécsi akó. Egy francia *kilogramm* $= 1.786$ bécsi font, vagy 1 font 25 lat, vagyis $= 2$ vámfont.

Egy angol *quarter* $= 4.727$ bécsi mérő, egy angol *bushel* $= 0.466$ bécsi mérő. Egy *porosz akó* $= 1.2$ bécsi akó, 1 *porosz mérő* $= 1.12$ bécsi mérő. Egy orosz *vedro* $= 0.217$ bécsi akó, egy orosz *pud* $= 30.76$ vámfont, egy orosz font $= 0.8$ vámfont.

²⁾ A tizedes törteket e munkában mindig kisebb számjegyekkel fejezzük ki, melyek az egész számok mellé tett ponttól jobbra esnek. Pl: 75.4 , 0.65 annyi, mint 75 egész 4 tized, 0 egész 65 század.

Összehasonlítása a legnevezetesebb mélyföldeknek.

franciaia kilomet.	angol mile	tengeri mfd.	amerikai mile	orosz verszt	svéd mélyföld	norvég mfd.	porosz vagy dán mfd.	német vagy földrajzi mfd.	osztrák mfd.	spanyol legua	portugal legua
1.—	0.621	0.539	0.621	0.937	0.094	0.089	0.133	0.135	0.132	0.149	0.200
1.609	1.—	0.867	0.999	1.508	0.150	0.142	0.214	0.217	0.212	0.241	0.322
1.855	1.152	1.—	1.153	1.739	0.174	0.164	0.246	0.250	0.244	0.278	0.371
1.679	1.000	0.867	1.—	1.509	0.151	0.142	0.142	0.216	0.212	0.241	0.322
1.067	0.663	0.575	0.663	1.—	0.099	0.094	0.142	0.144	0.141	0.159	0.213
10.688	6.642	5.762	6.641	10.019	1.—	0.946	0.142	0.144	1.409	1.598	2.138
11.295	7.019	6.089	7.018	10.589	1.057	1.—	0.149	1.522	1.489	1.689	2.254
7.532	4.680	4.060	4.680	7.061	0.705	0.667	1.—	1.015	0.993	1.126	1.506
7.420	4.611	4.000	4.611	6.956	0.694	0.657	0.985	1.—	0.978	1.109	1.484
7.585	4.714	4.089	4.713	7.111	0.709	0.671	1.007	1.022	1.—	1.134	1.517
6.687	4.155	3.605	4.155	6.268	0.626	0.592	0.888	0.901	0.881	1.—	1.337
5.000	3.107	2.695	3.107	4.687	0.467	0.443	0.664	0.674	0.659	0.747	1.—

A területi □ mértékek közül a következőket állítjuk egybe:

1 □ kilometer = 1 millio □ meter = 100 hectare = 0.081 német □ mfd.

1 német □ mfd = 55.062 □ kilometer = 21.26 angol □ mfd.

1 angol □ mfd = 258.989 hectare = 2.58 □ kilometer = 0.047 □ n. mfd.

1 □ verszt = 1.138 □ kilometer = 0.021 □ német mfd, tehát 48.385 □ verszt = 1 német □ mfd.

1 amerikai □ mfd = 259.019 hectare = 2.590 □ kilometer.

1 svéd □ mfd = 114.242 □ kilometer.

1 norvég □ mfd = 127.585 □ kilometer.

1 dán □ mfd = 56.738 □ kilometer.

1 spanyol □ legua = 30.972 □ kilometer = 0.512 n. □ mfd.

1 portugal □ legua = 38.412 □ kilometer.

I. SZAKASZ.

A láthatár s az égi jelenségek a láthatáron.

I. A láthatár.

Láthatár. Látkör. Ha nyílt mezőn állva körültekintünk, Földünk felületéből egy kerek darabot látunk, melynek szélére köröskörül az ég boltozatja látszik ereszkedni. Az ég látszatos boltozatja ott, hol Földünk felületével érintkezik, kilátásunknak határt vet, látásunkat köröskörül meghatároolja. Ez a *természetes láthatár* (horizont), mely mindig és mindenütt görbe vonalban, nagy síkságon és nyílt tengeren pedig tökéletes körvonalban terjed el. Bárhova menjünk Földünkön s bárhol tekintünk szét, mindenütt ily kerekalakú láthatár támad körülünk, s mindig és mindenütt úgy alakul, hogy a szemlélő annak szélein belül, a középpontjában van, úgy, hogy az ég boltozatja épen a szemlélő feje fölött legmagasabbnak látszik. Az ég boltozatja által körülkerített látható föld-darab, a *látkör tere* vagyis a láthatár *területe, mezeje*. Ez dombos és hegyes vidéken természetesen szabálytalan görbe felületű, sík vidéken és tengeren pedig lapos. Ha Földünk felülete sima és egészen lapályos volna, a láthatár mezeje tökéletesen egyenes és sík, azaz olyan volna, mint a csendes, hullámméltó tenger felülete. Ez esetben a látkör felülete *vízirányos, vízszintes* (horizontalis), s egyszersmind nagysága, kiterjedése mindenütt (t. i. ugyanazon szemre nézve) egyenlő volna. De Földünk felülete még ott is egyenetlen, hol laposnak látszik, s azért a láthatár mezeje többnyire nem vízszintes, s kiterjedése is változik. Nyílt tengeren általában véve legszélesebb a látkör, különben pedig annál nagyobb a kiterjedése, minél magasabb helyen állunk.

Tetőpont, lábpont. Tetőkörök, magassági körök. Mikor egyenesen felállunk, testünknek azon iránya van, melyet a piom mutat. Ha tehát állásunk helye vízszintes, s ha fölteszszük, hogy láthatárunk területe is vízszintes felületű: akkor merőlegesen vagyis

függőlyesen állunk rajta, azaz állásunk iránya (vonala) a látkör síkján képzeletben bármire vont egyenes vonallal derékszöget képez. Az állásunk pontjából fejünk teteje fölött az ég látszatos boltozatjáig képzelt egyenes vonal annak legmagasabb, azaz középpontját éri, s ezt *tetőpontnak* (Zenithnek) nevezzük. A tetőpont tehát egyenest fejünk fölött függőlyesen áll, s a látkör síkja felé 90 foknyira emelkedik. A tetőpont egyenes vonalának lábunk alatt képzelt s tehát általunk nem látható ellenkező vége a *lábpont* (nadir), mely a láthatárunk síkja alatt van s ettől szintén 9), a tetőponttól pedig 180 foknyira esik.

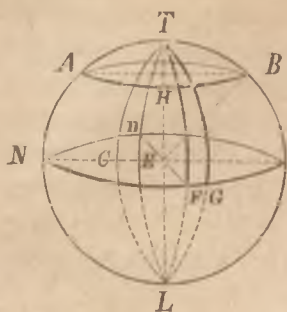
A láthatár szélein oly köröket képzelhetünk magunknak, melyek a tetőponton s másfelől a lábpontra keresztül menve az ég boltozatának mintegy iveri. E körök a látkör síkjára függőlyesen esnek; *tetőköröknek* (Scheitelkreise) nevezzük. Egyik felők láthatárunk fölött, másik felők pedig láthatárunk alatt van. Láthatárunk fölötti iveri a tetőpontban, ellenkező iveri pedig a lábpontban találkoznak. Ez iveri 90 foknyi szöget fognak be, mert a tetőpont, melyben találkoznak, a láthatár szélétől mindig és mindenütt 90 foknyira esik, vagyis a tetőpontnak mindig 90 foknyi magassága van.

A tetőkörök a látkör síkjára függőlyesen, tetőlegesen esnek; de képzelhetünk magunknak oly köröket is, melyek a látkör síkjával egyenközűek. A látkör síkjával egyenközű (parallel) körök okvetlenül egymás között is egyenközűek, a tetőköröket derékszög alatt szegik, s minthogy a felettünk való ég gömbölyű boltozatnak, olyannak látszik, mint roppant nagyságú üreges félgömb belseje: azért azon körök látszólag annál kisebbek, minél távolabb esnek a láthatár síkjától, vagyis minél magasabbra vannak a láthatár fölött. *Magassági köröknek* (Höhenkreise) nevezzük, mert a tetőkör azon iveri, mely valamely égi pont s a láthatár síkja között van, annak az égi pontnak látszatos magassága a láthatár fölött. Oly égi pontnak, mely épen a láthatárt éri, mely a láthatárba esik, semmi magassága nincs, ellenben a tetőpontnak magassága 90°. Minden más égi pontnak magassága a 0° és 90° között változik.

Ezekből kitetszik, hogy a tetőkörök és magassági körök segítségével minden égi pontnak meghatározhatjuk fekvését. Minden meghatározandó pont az ég boltozatán ott fekszik, hol annak magassági köre és tetőköre egymást szegi.

Ez idom az égnek vájt gömbjét ábrázolja, (l. a k.l.) az *NK* feletti része a láthatár fölött, az *NK* alatti része a láthatár alatt van, *T* a

tetőpont, L a lábpont. E a mi álláspontunk, NK a láthatár körének átmérője. $TKLNT$, $TGLCT$ stb. tetőkörök, $BHAB$ pedig magassági kör, mert fekvését a BEK magassági szöglet által van meghatározva.



12. idom.

Fővilágtájak. Látjuk, hogy a Nap a láthatár egyik oldalán felkel, másik ellenkező oldalán pedig lenyugszik. A láthatár azon oldalát, melyen a Nap felkel, *keletnek*, ellenkező oldalát *nyugatnak* nevezzük.

A láthatár fölé emelkedő, azaz felkelő Nap az ég boltozatán a keleti oldalon mind magasabbra emelkedik, míg nem déli 12 órakor legmagasb állását eléri; vagyis azt az időt, melyben a Nap egyes napszakakon ¹⁾ az ég boltozatán legmagasb állását eléri, *délnek* nevezzük. Ugyancsak *délnek* vagy *délszaknak* láthatárunknak is nevezzük azt az oldalát, mely felé a Nap akkor áll, mikor déli idő van, a délszakkal átellenben eső vidéket pedig *éjszaknak* mondjuk.

Láthatárunk oldalain tehát a következő vidékeket vagyis *tájakat* különböztetjük meg - a *keletet*, *nyugatot*, *délszakot*, *éjszakot* (Ost, West, Süd, Nord). Ha déli 12 órakor arezunkkal a Nap állása, azaz délszak felé fordulunk, balra kelet, jobbra nyugat, s mögöttünk éjszak esnek; ha pedig a felkelő Nap felé fordítjuk arezunkat, balra éjszak, mögöttünk nyugat, jobbra dél vannak. Ezek a *fővilágtájak*.

E kifejezések *kelet* (K.), *nyugat* (Ny.), *dél* (D.), *éjszak* (É.) alatt általában láthatárunk illető oldalain bizonyos tájakat, vidékeket értünk. De ha szorosabban vesszük a dolgot, az említett vidékeken bizonyos meghatározott helyeket kell megkülönböztetnünk, t. i. a *keleti*, *nyugati*, *déli* és *éjszaki pontokat*. Ezek az illető tájak közepére esnek; láthatárunk szélét, körületét 4 egyenlő részre osztják. Láthatárunk keleti pontja az, mely szorosan keletre esik, nyugati pontja pedig az, mely az előbbivel épen átellenben, tehát állásunkhoz képest szintén szorosan nyugat felé van. Helyesen és

¹⁾ »Nap« nyelvünkön »sol« és »dies« (Sonne és Tag), a kétéltelműség kikerülése végett a »dies« (Tag) kifejezésére e szót használjuk: *napszaka*, *napság*, s nagy kezdőbetűvel írva a Napot, midőn Sonnét jelent, mert e jelentésben tulajdonnév.

szabatosan csak akkor tudunk láthatárunkon tájékozódni (magunkat orientálni — a keleti táj szerint eligazodni), ha a világtájak pontjait tudjuk meghatározni.

Ha a Napnak látszatos járását megfigyeljük, látjuk, hogy egész éven át láthatárunk keleti és nyugati vidékein kel fel és száll le. De csakhamar észreveszszük, hogy az nem történik mindig egy és ugyanazokon a helyeken. Évenként csak két időben, t. i. *marcius* 21-dikén és *szeptember* 23-kán kel fel és nyugszik le a keleti és nyugati világtáj közepén, vagyis a láthatár igazi keleti és nyugatipontjain.

Tehát *marcius* 21-kén és *szeptember* 23-kán maga a Nap mutatja nekünk, merre esik az igazi kelet és nyugat. Ha a keleti és nyugati pontokat láthatárunk síkján képzelt, álláspontunkon ~~ke-~~ keresztülmenő, egyenes vonallal összekötjük, s ezt ugyancsak álláspontunkon keresztül képzelt függélyes vonallal szegjük, ennek végei a *déli* és *éjszaki pontokat* érik. Az egymást függélyesen szegő két vonal látkörünk síkját s így láthatárunk körületét is 4 egyenlő részre osztja. Mint minden kört, úgy a láthatár körületét is 360 fokra osztjuk, következőleg a láthatár négy íve, melyekre a két függélyes vonal által osztatik, külön-külön 90 fokot tesz, vagyis a fő világtájak egymáshoz legközelebb eső két pontja mindig 90 foknyira van egymástól. A keleti pont a délitől s másfelől az éjszakitól, úgy a nyugati pont a délitől és éjszakitól egyaránt 90, de a keleti pont a nyugatitól s az éjszaki pont a délitől 180 foknyira vannak.

Délvonal, délkör. A négy fő világtáj szabatos meghatározása. Deltájban, mikor a Nap legmagasabban áll, a láthatárunk síkján felállított vessző árnyéka legrövidebb s egyenest éjszak felé esik. Reggel a vessző árnyéka jóval hosszabb s nyugatra esik, estve is hosszabb s kelet felé van irányozva. E szerint a 4 fő világtáj pontjainak fekvését következő módon határozhatjuk meg:

Vízszintes deszkalapra egy kellő nagyságú kört rajzolunk s középpontjába vas szálat pl. kötötűt illesztünk, úgy hogy ennek árnyéka délelőtt és délután hosszabb legyen, mint a kör sugara. Midőn a Nap a deszkára süt, a vas szál árnyéka délelőtt és délután a deszkalap körén túl esik; a pontokat, hol az árnyék a kör körületét szegi, megjelöljük s összekötjük egyenes vonallal, melyet aztán két egyenlő részre osztunk. Az árnyék szegési pontjait összekötő vonal közepéről a kör középpontja felé egyenes vonalt húzunk, mely tehát az előbbire függélyesen esik, és melynek két vége, ha a láthatárig meghosszabbítva képzeljük, a déli és éjszaki pontokat

éri. Az egyenes vonal, mely láthatárunk síkján az éjszaki pontot a délivel összekapcsolja, *délvonalnak* (Mittagslinie) neveztetik.

A délvonal e szerint a látkörnek s egyszersmind az éjszaki és déli pontok tetőkörének síkjában fekszik. Az éjszaki és déli pontok tetőköre álláspontunk *délköre* (meridian), mert az egyes napszakakon akkor van déli 12 óra, mikor a Nap középpontja azon tetőkörbe jut. E szerint a délvonalt és délkört meg kell egymástól különböztetni. Ez az ég boltozatán az éjszaki ponttól kezdve a déli pontig képzelt tetőkör, a délvonal pedig az éjszaki pontot a látkör síkjában a déli ponttal összekötő egyenes vonal, melyben a tetőkörnek (délkörnek) s a láthatár mezejének síkjai egymást szegik.

Miután a deszkalap körén belül a leírt módon a délvonalt meghatároztuk s megjelöltük, ezt a kör középpontjában függélyes vonallal szegjük. A szegő vonalt képzeletünkben a láthatárig megnyújtva gondoljuk, s két vége a keleti és nyugati pontok fekvését mutatja meg. A vonal, mely a látkör síkján a keleti pontot a nyugatival köti össze, *kelet-nyugati vonalnak* neveztetik, s függélyesen áll a délvonalra. A síkjába eső tetőkör, melyet az ég boltozatán a keleti pont felől a nyugati felé képzelünk, *első tetőkörnek* neveztetik.

Az egyenes vonal, melyet állásunk pontjából fölfelé a tetőpontig képzelünk, a délvonalra, a kelet-nyugati vonalra s általában állásunk lábpontján át képzelünk minden más vonalra, tehát látkörünk egész síkjára függélyesen esik; az a *tetővonal* (Scheitellinie) vagyis függőleges vonal, melynek irányát a piom mutatja.

Ezek szerint bármely álláspontnak *láthatár* a és *délköre* a délvonalban, *láthatára* és *első tetőköre* a kelet-nyugati vonalban, *délköre* és *első tetőköre* a tetővonalban szegik egymást. A három egyenes, t. i. a délvonal, kelet-nyugati vonal és tetővonal közül mindegyik a másik két vonalra függélyesen esik; ugy a három egyenlő kör, t. i. a láthatár, délkör és első tetőkör közül is mindegyik a másik két körrel függélyes.

A mellékvilágtájak. A látkör mindenütt egyformán úgy alakul, hogy az ég látszatos boltozata a láthatár szélére ereszkedik; a látható ég mindenütt mint üreges félgömb borúl Földünkre. A láthatár az égi gömböt két egyenlő, látható és láthatatlan részre osztja, amaz láthatárunk fölött, emez láthatárunk alatt van kifesztve.

A délkör szintén két egyenlő részre osztja az éggömböt, a keletire és nyugatira; de mind a keleti mind a nyugati résznek csak *felé* van a láthatár fölött.

Az éggömböt még az első tetőkör is két egyenlő részre osztja, s ezen részeknek is csak egyik-egyik fele van a láthatár fölött.

Ezek szerint az éggömb láthatárunk feletti, azaz látható felét a délkör és első tetőkör két-két, tehát együttvéve négy egyenlő részre osztják, amaz a keletre és nyugatra, emez a délre és északira. A délkörből és első tetőkörből csak az egyik fele rész esik a láthatár fölé.

A délvonal s a kelet-nyugati vonal, mint említettük, a láthatár területét osztják négy egyenlő részre, s hol e körnegyedek találkoznak, ott a fő világtájak vannak. E körnegyedeket újra felezzük, s így négy közbeneső világtájt nyerünk, melyek nevei: *éjszakelet*, (ÉK.) *délkelet* (DK.) *délnyugat* (DNy.) és *éjszaknyugat* (ÉNy.) Ezek a *mellékvilágtájak*. A fő- és mellékvilágtájak közeit (íveit) még egyszer felezhetjük, s így 16 egyenlő közt nyerünk. Végre még ezeket is felezhetjük s így a láthatár körületét 32 ívre osztjuk. Ekkép *fő*, *mellék* és *harmadrendű* vagyis *alárendelt* világtájakat különböztetünk meg.

Azon rajzot, melyen a láthatár körülete a fő, mellék és alárendelt világtájakra van felosztva, *szélrózsának* nevezzük. Rajta a fő és mellék világtájak ily renddel következnek egymásután, éjszakraól keletnek menve: éjszak, éjszakelet, kelet, délkelet, dél, délnyugat, nyugat, éjszaknyugat. Ezek között két-két harmadrendű világtáj van, melyek kezdőbetűikkel ekkép jelöltenek meg: EEK., KÉK., KDK., DDK., DDNy., NyDNy., NyÉNy., EEÉNy. Tehát az illető fővilágtáj mindig első helyen említettik; pl. éjszak-éjszakelet, nem pedig éjszak-kelet-éjszak. A negyedrendű világtájakat e szóval »felé« jelöljük meg, pl. éjszak kelet felé, éjszakelet éjszak felé stb. A következőkben az összes világtájakat azon rendben állítjuk egybe, mint azok a szélrózsán egymásután következnek, s egy-szersmind azoknak az illető fő világtájaktól való fokbeli távolságát mutatjuk ki.

A világtájak vagyis szélirányok nevei magyar és német nyelven s fokbeli távolságaik.

Magyarúl.	Németül.	Távolság. (Éjszakraól.)
Éjszak	Nord	0° 0'
É. K. felé	N. gen O.	11 15
EEK.	N.NO.	22 30

Magyarul.	Németül.	Távolság. (Éjszokról.)
ÉK.É. felé	NO. gen N.	33° 45'
ÉK.	NO.	45 0
ÉK.K. felé	NO. gen O.	56 15
K.ÉK.	O.NO.	67 30
K.É. felé	O. gen N.	78 45
(Kelettől.)		
Kelet	Ost	0° 0'
K D. felé	O. gen S.	11 15
K.DK.	O.SO.	22 30
DK.K. felé	SO. gen. O.	33 45
DK.	SO.	45 0
DK.D. felé	SO. gen S.	56 15
D.DK.	S.SO.	67 30
D.K. felé	S. gen O.	78 45
(Déltől.)		
Dél	Süd	0° 0'
D.Ny felé	S. gen W.	11 15
D.DNy.	S.SW.	22 30
DNy.D. felé	SW. gen S.	33 45
DNy.	SW.	45 0
DNy.Ny. felé	SW. gen W.	56 15
Ny.DNy.	W.SW.	67 30
Ny.D. felé	W. gen S.	78 45
(Nyugatról.)		
Nyugat	West	0° 0'
Ny.É. felé	W. gen N.	11 15
Ny.ÉNy.	W.NW.	22 30
ÉNy.Ny. felé	NW. gen W.	33 45
É.Ny.	NW.	45 0
ÉNy.É. felé	NW. gen N.	56 15
É.ÉNy	N.NW.	67 30
É.Ny. felé	N. gen W.	78 15.

Az éjszaktű vagyis *delejtű* egyik vége éjszaka, másik vége pedig dél felé mutat. Rendesen az éjszakra mutató vége kékesen van befűtve. Ha a szélrózsára oly delejtűt alkalmazunk, mely vízszintes irányban szabadon mozoghat s tehát az éjszaka-déli irányt mutatja, azon eszköz támad, mely bennünket a világtájak fekvése iránt tájékoztat, s melyet azért *tájékoztatónak* (compass, boussole) nevezünk. ¹⁾ Ezen nemcsak a világtájak irányai vannak a csillag-

¹⁾ A divathoz jött »tájola« vagy épeu »tájla« helytelenül képezett szó, csupán csak rövidség okáért nem kell nyelvünket elrontani.

alakú rajzzal megjelölve, hanem a láthatár kerülete 360 fokra is van felosztva. E mellék világtájakat gyakran az illető fokszámmal fejezik ki, s ez a legszabatosabb kifejezés. *)

II. A Nap látszatos járása az egen.

A felkelő és lenyugvó nap keleti és nyugati tágassága. Föl-
dünknek azon részén, melyen mi lakunk, a Nap minden reggel fölkel
s minden este lenyugszik; felkelése a láthatár keleti, lenyugvása
anuk nyugati oldalán történik, de váltakozva különböző helye-
ken. Mint már említettük, a Nap évenként csak kétszer, t. i. mar-
czius 21-dikén és szeptember 23-dikán, épen a keleti és nyugati
pontokban, különben pedig ezektől az évnek egyik részén éj-
szakra, másik részén délre kisebb nagyobb távolságban kel fel és
nyugszik le; azaz a Napnak kisebb-nagyobb *keleti és nyugati tá-
gassága* van. (Morgenweite, Abendweite).

Marczius 21-dikén a Napnak keleti és nyugati tágassága $= 0$;
azon időtől kezdve a felkelő és lenyugvó Nap mind jobban távozik
a keleti és nyugati pontoktól, még pedig éjszak felé. Junius 21-di-
kén keleti és nyugati tágassága legnagyobb. s pl. a pesti láthatá-
ron $35\frac{1}{2}$ fokot tesz. Azután a felkelő és lenyugvó Nap ismét a ke-
leti és nyugati pontokhoz közeledik; ugyanannyi napszaka jun.
21-dike előtt és után, pl. jun. 2-dikán és jul. 10-dikén, ugyanazon
keleti és nyugati tágassága van, végre szeptember 23-dikán keleti
és nyugati tágassága ismét $= 0$. Azután dél felé jár a Nap s ez
irányban legnagyobb távolságát deczember 21-dikén éri el. Ekkor
a felkelő és lenyugvó Nap a keleti és nyugati pontoktól ugyanannyi
fokkal dél felé esik, a hány fokkal junius 21-dikén azoktól éjszakra
van. Erre megint a keleti és nyugati pontok felé közeledik, s eze-
ket marczius 21-dikén éri el.

Ekkép egy egész év lejárt, s a Nap újra a leirt módon sza-
ból yszerűn váltakozva kel fel és nyugszik le.

Napsági körök, nappali és éjjeli ívek. Az egen járó Nap
az ég boltozatján naponkint kisebb nagyobb ívet fut meg; ez a lát-
határ fölötti, azaz nappali íve, mely a körnek egyik része, másik kiegé-

*) A bányákban használtatni szokott tájékoztatón a láthatár kerülete nem
fokokra, hanem 24 órára van osztva, úgy hogy az óraszámítás éjszakan kezdő-
dik, s éjszaktól délre 0—12, a másik oldalon pedig délről éjszakra 12—24 óra
számíttatik. A világtájakat az illető óraszámokkal jelölik meg. Tehát 0 óra = É.,
6 óra = K., 18 óra = Ny. Minden óra ismét 8 részre van osztva.

szító része, melyet a Nap a láthatár alatt éjjel fut meg, annak *éjjeli íve*. Az éjjeli és nappali ívek együtt véve teljes kört képeznek, ez a Napnak *napsági köre* (Tageskreis).

A napsági körök az évnek különböző szakaiban, úgy látszik, különböző nagyságúak; marezius 21-dikén és szeptember 23-dikán látszólag legnagyobbak, azután pedig a mint az égen járó Nap éjszak és dél felé tart, látszólag mind kisebbek. A kisebb nagyobb napsági körök egyaránt 360 fokra osztatnak, úgy mint minden más kör.

Az egyazon napsági körhez tartozó nappali és éjjeli ívek is váltakozva különböző nagyságúak, még pedig úgy, hogy minél nagyobb az egyik, annál kisebb a másik. Marezius 21-dikén és szeptember 23-dikán a nappali és éjjeli ívek egészen egyenlő nagyságúak, azok is, ezek is a körnek épen felét teszik, azok is ezek is 180 foknyiak. Marezius 21-dikétől kezdve június 21-dikéig a nappali ívek mind nagyobbak, tehát az éjjeli ívek mind kisebbek. Június 21-dikén a nappali ív a pesti láthatáron 240 foknyi, tehát az éjjeli ív 120 foknyi. Azután a nappali ívek kisebbednek, az éjjeli ívek fokainak száma pedig ugyanazon arányban növekedik; szeptember 23-dikán a két rendbeli ívek megint egyenlők, azontúl az éjjeli ívek mind nagyobbak s a nappali ívek mind kisebbek. December 21-dikén a nappali ív a pesti láthatáron 120, az éjjeli ív pedig 240 foknyi. Azután megint a nappali ívek növekednek, s marezius 21-dikén a nappali és éjjeli ív ismét egyenlő. E váltakozás is szabályosan foly le minden évben.

A nappali ívek, melyeket a Nap az ég boltozatán megfutni látszik, a mi láthatárunkon ferdén állnak, azaz dél felé hajlanak, mindazáltal egymással egyenközűtek egész éven át.

Egyenlő időközökben a Nap mindig ugyanannyi foknyi ívet fut, s minthogy 24 óra alatt az egész 360 foknyi napsági kört megfutja, tehát egy-egy óra alatt 15 foknyi ívet fut. Mivel pedig a napsági körök látszatos nagysága nem egyenlő, azért a Napnak látszatos mozgási sebessége sem egyenlő. Legnagyobb látszatos sebessége marez. 21-dikén és szept. 23-dikán, legkisebb sebessége pedig június 21-dikén és december 21-dikén van.

A délkör a nappali ívek legmagasabb pontjain vonul át, azokat derékszög alatt szegi s két egyenlő részre osztja, melyek közül az egyik keletre, a másik nyugatra esik. Tehát a pesti láthatáron a nappali ívekből a délkör szegési pontjaitól keletre úgy mint nyu-

gatra marezius 21. és szept. 23-dikán 9° , június 21-dikén 12° s december 21-dikén 60 fok esik.

Azon helyek, melyeken a nappali ívek és délkör egymást szegik, különböző napszakakon különböző távolságban vannak egyfelől a tetőponttól s másfelől a délponttól, mivel a Napnak legnagyobb magassága különböző napszakakon különböző. Legnagyobb magasságát a Nap minden napszakán azon pillanatban éri el, melyben középpontja a délkörbe jut; ekkor *tetőzik* vagyis *delel* (culminál). A délkör azon pontjai, melyeken azt a Nap szegi, azaz a *tetőzési, delelési pontok*, nálunk egész éven át a tetőpont és délpont között vannak; nálunk a Nap egész éven át déli 12 órakor dél felé áll, a tetőpontba sohasem jut.

Marezius 21-dikén és szeptember 23-dikán a Nap tetőzési pontja a pesti láthatáron a délponttól $42^\circ 30'$, s a tetőponttól $47^\circ 3'$ -nyire esik; június 21-dikén a déli ponttól $42^\circ 30' + 23^\circ 30' = 66^\circ$, a tetőponttól $90^\circ - 66^\circ = 24^\circ$, december 21-dikén a délponttól $42^\circ 30' - 23^\circ 30' = 19^\circ$ s a tetőponttól $90^\circ - 19^\circ = 71^\circ$ nyira áll.

Egyenlítő, napfordulók. Az ívet, illetőleg kört, melyet a Nap marezius 21-dikén és szept. 23-dikán megfutni látszik, az ég-gömb *egyenlítőjének*, azt, melyet jun. 21-dikén megfut, *rákjegyi napfordulónak* (tropus) s végre azt, melyet december 21-dikén megfut, a *bakjegyi napfordulónak* nevezzük.

A pesti láthatáron az ív, mely a délkör és egyenlítő szegési pontjától a délpontig terjed, mint már említettük $42^\circ 30'$ -nyi szöget fog be, azaz az egyenlítő a láthatárt a kelet-nyugati vonalban $42^\circ 30'$ -nyi szög alatt szegi.

A rákjegyi forduló és délkör szegési pontja a délponttól $42^\circ 30' + 23^\circ 30' = 66^\circ$, ugyanazon fordulónak és a láthatárnak szegési pontjaitól pedig a forduló körén számítva 120° -nyira esik.

A bakjegyi forduló $42^\circ 30' - 23^\circ 30' = 19^\circ$ -nyi magasságot ér el; e magassági pont, azaz a bakjegyi forduló és délkör szegési pontja, azon pontoktól, melyekben az említett forduló a láthatárt szegi, 60° -nyira esik, a forduló körén számítva.

Az egyik napforduló a másiktól, a délkörön számítva, $23^\circ 30' + 23^\circ 30'$, azaz 47° foknyira esik.

A Nap egész éven át a fordulók által berekesztett közön mozog; jun. 21-dikén a rákjegyi fordulóban áll s ekkor láthatárunk fölött legnagyobb magasságát éri el; december 21-dikén a bakjegyi fordulóban áll, s ekkor magassága délben legkisebb.

A napszakák és éjszakák váltakozó hossza. Szürkület. Évszakok. Említettük, hogy abban a pillanatban, melyben a Nap középpontja a délkört szegi, déli 12 óra van. Az idő, mely a Napnak egyik delelésétől a másikig letelik, *csillagászati* vagy *napi napságnak* neveztetik s 24 órára osztatik, épen úgy, mint az úgynevezett *polgári, közönséges napság*, melynek óráit azonban nem déltől, hanem éjfélről kezdve számítjuk. A napságnak az a része, melyben a Nap láthatárunk felett van, mely tehát a Nap felkelésétől lenyugvásáig tart, a *természetes napszaka*; a Nap leáldoztával az *éjszaka* kezdődik.

Tudjuk, hogy az egymásután következő napszakák és éjszakák hossza különböző. Marczius 21-dikén és szept. 23-dikán a napszaka ép oly hosszú, mint az éjszaka, ez is az is 12 óráig tart; a Nap reggeli 6 órakor felkel s estve 6 órakor leszáll. Marc. 21-dikén a *tavaszi*, szept. 23 dikán az *őszi nap-éj-egyenlőség* (aequinotium) van, t. i. nálunk.

Marc. 21-dikétől fogva a napszakák növekednek, az éjszakák aránylag fogynak; jun. 21-dikén a napszaka leghosszabb, az éjszaka legrövidebb. A Nap ekkor a rákjegy fordulóban van, tehát éjszak felé legtávolabb az egyenlítőtől, azaz *éjszaki elhajlása* (declinatio) legnagyobb. Ott mintegy megállapodik, néhány napságon át majdnem ugyanazon helyen mozog, de azután dél felé fordul. Jun. 21-dikén tehát a Napnak *nyári megállapodása* (solstitium) s megfordulása áll be; a *nyári évszak* kezdődik. A pesti láthatáron a Nap jun. 10-dikétől június 23-dikáig minden reggel egyaránt 4 óra után 2 percczel kel föl s június 21-dikétől 27-dikéig minden estve egyaránt 8 óra után 2 percczel leszáll. E szerint Pesten a leghosszabb napszaka épen 16 óráig tart.

Jun. 23, illetőleg 27-dikétől fogva a Nap megint az egyenlítő felé közeledik, mind később kel fel s hamarabb száll le; a napszaka fogy, az éjszaka növekedik. Szept. 23-dikán az *őszi nap-éj-egyenlőség* áll be; azután a Nap az egyenlítőn áthaladva dél felé távozik s december 21-dike táján a bakjegy fordulóba jut, legtávolabb esik dél felé: a napszaka legrövidebb, az éjszaka leghosszabb; a *téli nap-megállapodás és fordulat* áll be. A Nap reggeli 7 óra után 50—51 percczel kel föl s estve 4 óra után 6—7 percczel száll le. A legrövidebb napszaka 8 óráig (pontosabban 8 óráig 20 perczig), a leghosszabb éjszaka 16 óráig (pontosabban 15 óráig 40 perczig) tart. A téli napfordulattal a *téli évszak* kezdődik.

Lassankint a Nap ismét az egyenlítő felé közeledik, a napszakák megint növekednek s az éjszakák fogynak s marczius 21-dikén a tavaszi nap-éj-egyenlőség áll be.

A természetes napszaka a Nap felkelésével kezdődik s leszállásával végződik. De felkelését, vagyis a láthatár fölé való emelkedését a *hajnal* előzi meg s leszállását az *alkony* követi. A hajnal és alkony hossza különböző napságokon különböző, mivel a Nap látszólag nem egyenlő sebességgel mozog. Legsebesebben a tavaszi és őszi nap-éj-egyenlőség idején látszik mozogni, akkor tehát a hajnal és alkony legrövidebb ideig tart. Általán véve a hajnal és alkony, vagyis a *szürkület* akkor kezdődik, *mikor a Nap a láthatárral egyenközűleg képzelt azon körbe jut, mely a láthatár alatt 18 foknyira esik.* A láthatártól 18 foknyira eső kör azért *szürkületi körnek* nevezetik; e körnek távolsága a láthatártól a tetőkör fokai szerint határoztatik meg. A láthatár és szürkületi kör között való övet *szürkületi övnek* nevezik.

A Napnak különböző napsági köreiből különböző nagyságú ívek esnek a szürkületi övbe, s nevezetesen az egyenlítőn legkisebb ív esik abba. Mivel továbbá a Nap egyenlő idő alatt a különböző napsági köröknek egyenlő számú fokait futja meg, azért annál fogva is a Nap a szürkületi övet az egyenlítő vidékén leghamarabb futja meg.

Deczember 21-dikén a Napnak nappali íve legdélibbre hajlik, s legrövidebb, a Nap sugarai délben legkisebb szöglet alatt érik a láthatár síkját, egyszersmind a napszaka is legrövidebb ideig tart. Mindezeknél fogva a Nap sugarai akkor legkisebb melegséget gerjesztenek, s a hideg évszak, a *tél* áll be. Junius 21-dikén ellenben a delelő nap legnagyobb magasságra emelkedik, nappali íve legnagyobb, sugarai legnagyobb szöglet alatt érik a láthatárt, tehát leghathatósabbak, egyszersmind a napszaka is legtovább tart; azért akkor a meleg évszak, a *nyár* kezdődik. A tél és nyár közé a közép melegségű évszakok, a *tavasz* és *ősz* esnek.

Azomban úgy tapasztaljuk, hogy a hideg és meleg különböző években mind télen mind nyáron tetemesen különbözik, még pedig egyazon helyen is; tehát a hideg és meleg mekkorasága nem egyedül a Nap állásától s a napszakák hosszától függ. A legnagyobb hideg és legnagyobb meleg nem is épen a legrövidebb és leghosszabb napszakák idején szokott lenni. Azért a *csillagászati évszakokat*, melyek az említett napokon kezdődnek és végződnek, meg szokták különböztetni a *természeti* (physikai) évszakoktól. A me-

teorológiában deczember, januar, februar hónapokat a *téli*, márcziust, aprilt és májust a *tavaszi*, juniust, juliust és augustust a *nyári*, s végre szeptembert, októbert és novembert az *őszi* évszakokba foglalják. Ha a nyári és téli félét a csillagászati felosztás szerint különböztetjük meg, s e nyári félévbe a tavaszt és nyarat (marchius 21-dikétől szept. 23-dikáig), a télbe pedig az őszt és telet (szept. 23-dikától march. 21-dikéig) foglaljuk, úgy találjuk, hogy a nyári félév mintegy 6 nappal hosszabb, mint a téli. Ennek okát alább fogjuk látni.

III. A csillagok látszatos járása.

Álló csillagok, bolygók, üstökösök. A Nap leáldozta után az ég boltozatján számtalan csillag mutatkozik, melyek gyengébb vagy erősebb fényvel ragyognak s többnyire bizonyos alakú csoportok szerint vannak elrendezve. E *csillagcsoportok* vagyis *csillagzatok* mindig változatlanoknak látszanak, sem a hozzájuk tartozó egyes csillagok, sem az egész csoportok kölesönös helyzetüket látszólag nem változtatják meg, mert nekünk mindig ugyanabban egymás melletti állásban mutatkoznak, miért is *álló csillagoknak* (Fixstern) nevezzük. A csillagzatok holmi dolgok szerint neveztetnek el, melyekhez alakjuk némileg hasonlít. Sok egyes csillagnak is van külön neve, de legtöbb csillagot betűkkel szoktak megjelölni. Látszatos nagyságuk és fényök fokozata szerint első, másod, harmad, negyed stb. rendű csillagokat különböztetnek meg.

Az álló csillagokon kívül olyanokat is látunk az egen, melyek majd egyik majd másik csoportban vagy csoport mellett mutatkoznak, melyek tehát ide oda járnak. Ezeknek száma, mennyiben pusztán szemmel láthatók, nagyon csekély; *bolygóknak* (planeta) nevezzük. Közéjük tartozik az éji égnek látszólag legnagyobb csillaga, a *Hold* is, mely nemcsak helyzetét, hanem alakját is minduntalan cserélgeti.

Helyenként fényes *ködfoltok* mutatkoznak az egen; különösen egy széles, néhol ketté osztott feléres csillámu öv tűnik fel, mely félkör alakjában terjed el. E bágyadt fényű övet *tejútnak* nevezzük, ez nagyon sűrűn elhintett csillagok tömérdek sokaságából áll, úgy mint többnyire a fényes ködfoltok is.

Néha sajátos alakú és fényű égi testek mutatkoznak, melyek rendszeren csak kis ideig látszanak; igen sebesen mozognak s csakhamar megint eltűnnek. Többnyire fényes csóvájok vagyis üstökük van, s azért *üstökös csillagoknak* nevezzük.

Ezek a különböző égi testek, melyek éjjel láthatók.

A csillagok látszatos járása. Ha a csillagos eget némi figyelemmel vizsgáljuk, csakhamar észrevevesszük, hogy miként a Nap, úgy a csillagok is keleten fölkelvén, magasabbra és magasabbra emelkednek, legmagasb állásukat a délkörben érik el, azután az ég nyugati oldalán alászállnak s végre lenyugszanak. Tehát a csillagok is, noha egymás melletti helyzetüket többnyire meg nem változtatják, látszatos körivet futnak meg az egen, s felkelésüktől tetőzésükig ugyanannyi idő telik le, mint tetőzésüktől lenyugvásukig.

Némely csillagok épen a keleti pontban vagy közelében kelnek fel s a nyugati pontban vagy közelében szállnak le: az általuk megfutott ív félkört képez, mely az égi egyenlítő irányában fekszik; mikor tetőznek a délkörben a pesti láthatáron $42^{\circ} 20'$ magasságuk van, felkelésüktől lenyugvásukig 12 óra múlik el.

Más csillagok a keleti ponttól éjszakra, még mások attól délre kisebb nagyobb távolságban kelnek fel, s ugyancsak így a nyugati ponttól éjszakra vagy délre le is nyugszanak. Minden csillagnak lenyugvási pontja a nyugati ponttól éjszakra vagy délre ép oly messzire esik, mint felkelési pontja a keleti ponttól éjszakra vagy délre. Tehát minden csillag az egyenlítővel egyenközt ívet fut meg.

A keleti ponttól éjszakra felkelő csillagok ívei nagyobbak egy félkörnél, azaz 180 foknál, még pedig annál nagyobbak, minél odább éjszakra kelnek fel, úgy hogy azon csillag, mely az éjszaki pont közelében kel fel, majdnem teljes kört fut meg az egen.

Ellenben a keleti ponttól délre felkelő csillagok láthatár feletti ívei kisebbek egy félkörnél (180 foknál) s annál kisebbek, minél távolabb esik felkelési pontjuk a keleti ponttól. Azok a csillagok, melyek a délpont közelében kelnek fel, már csak igen keveset emelkednek a láthatár fölé s kis ívöket hamar megfutván, nemso-kára eltűnnek.

Az éjszaki pont felett számos csillagot látunk, melyek épen le nem szállnak s tehát fel sem kelnek, hanem mindig a láthatár fölött mozognak. E csillagok teljes kört futnak meg, melynek ferde állása van, úgy hogy legmagasb s legmélyebb pontjai ugyanazon irányba, t. i. a délkörbe esnek. Azon csillagok körutjai is egyenközűek egymással s az egyenlítővel, minél távolabb esnek ettől, annál kisebbek.

Majdnem az éjszaki pont felett van egy csillag, mely látszólag nem mozdul ki helyéből s mintegy nyugvó pontot képez az egen.

Mindazon csillagok, melyek föl nem kelnek s le nem nyugszanak, az egy helyt veszteglő csillag, mint közös középpontjuk körül látszanak keringeni; köreik annál kisebbek, minél közelebb esnek ahhoz. A mozdulatlan csillagot *éjszaki sarkcsillagnak* nevezzük mert közelébe esik azon hely, mely az éjszaki pontra függélyes s mely tehát az égnek *éjszaki sarka* (polus). Ez t. i. az éjszaki sarkcsillagtól csak $1\frac{1}{2}$ foknyira van.

A láthatárunkon mutatkozó csillagok az égnek éjszaki sarka körül látszanak keringeni; látható köríveik annál nagyobbak, minél távolabb esnek az éjszaki sarktól s minél közelebbek az egyenlítőhöz. Az ennek irányában mozgó csillagok körívei legnagyobbak, az odább délre eső csillagok körívei megint mindinkább kisebbednek. Azon csillagok, melyek az egyenlítőtől délre és éjszakra egyenlő távolságban mozognak, egyenlő íveket futnak meg. Valamennyi csillagnak látszatos ívei, akár nagyok, akár kicsinyek, az egyenlítővel s egymással is egymáshoz illeszkednek.

Azon csillagok, melyek mindig a láthatár fölött mozognak, *sarkkörüli csillagoknak* (Circumpolarsterne) neveztetnek; legmélyebb állásuk a délkör azon részébe esik, mely az ég éjszaki sarka s a láthatár éjszaki pontja között terjed el, onnan az ég keleti oldala felé menve emelkednek magasabbra, legmagasb állásukat a délkör azon részében éri el, mely az ég éjszaki sarka s az egyenlítő között van; onnan pedig az ég nyugati oldala felé menve ereszkednek alább.

Az égnek éjszaki sarka a pesti láthatár éjszaki pontjától $47\frac{1}{2}$ foknyira áll; vagyis a pesti délkör azon íve, mely az ég éjszaki sarkától a pesti láthatár éjszaki pontjáig terjed, $47\frac{1}{2}$ foknyi. Ugyanis a sarkpont 90 foknyira esik az egyenlítőtől, a pesti láthatár tetőpontja pedig $47\frac{1}{2}^\circ$ -nyira van az egyenlítőtől, tehát a sarknak a tetőponttól való távolsága (Zenithdistanz) $42\frac{1}{2}^\circ$, az éjszaki ponttól való távolsága pedig vagyis a *sarkmagasság* (Polhöhe) $47\frac{1}{2}^\circ$ s a déli ponttól való távolsága $90 + 42\frac{1}{2}^\circ = 132\frac{1}{2}^\circ$. A *sarkmagasság egyenlő a tetőpontnak az egyenlítőtől való távolságával*.

Oly csillag, mely épen $42\frac{1}{2}^\circ$ -nyira esik az éjszaki sarktól, a pesti láthatáron tetőzésekör (deleléskör) a tetőpontban áll, köríve tetőpontunkat szegi. Oly csillag pedig, mely az éjszaki sarktól $47\frac{1}{2}^\circ$ -nyira esik, legmélyebb állásakor az éjszaki ponton egészen a láthatárig ereszkedik, de alája nem merül, hanem mindjárt ismét felemelkedik. A mely csillagok az éjszaki sarktól $47\frac{1}{2}$ foknyi távolságban

levő csillag pályája s az éjszaki sark közé esnek, mindig láthatárunk felett keringnek, ránk nézve *sarkkörüli csillagok*.

A csillagok egyik felkelésétől s egyik tetőzésétől a másikáig általán véve körülbelül 24 óra jár le. A sarkkörüli csillagok ez idő alatt kétszer tetőznek (delelnek) láthatólag, t. i. egyszer a délkört az egyenlítő felé eső felsőbb, s egyszer annak az éjszaki pont felé eső alsóbb részén szegik.

E csillagok ugyan nem kelnek fel és nem szállnak le, mégis az ég keleti oldalán emelkednek magasabbra s a nyugati oldalán ereszkednek mélyebbre. A többi csillagok pedig mindannyian az ég keleti oldalán kelnek fel s nyugati oldalán szállnak le. Az egész csillagos ég tehát, úgy látszik, keletről nyugatra forog, s az ég boltozatával együtt az egyes csillagok is forognak. Forgási sebességök, úgy látszik, különböző; mert mindannyian körülbelül 24 óra alatt végezik körfutásukat, köreik pedig különböző nagyságúak. Az egyenlítő irányában és közelében levő csillagok legnagyobb kört futnak meg, látszatos mozgási sebességök tehát legnagyobb. Minél közelebb esik valamely csillag a sarkhoz és másfelől a délponthoz, annál kisebb ívet és kört fut meg ugyanazon idő alatt, tehát mozgási sebessége annál csekélyebb. Oly csillagok, melyek az egyenlítőtől éjszakra s másfelől délre egyenlő távolságban vannak, egyenlő nagyságú köröket futnak meg s látszatos mozgásuk sebessége is egyenlő.

A Nap és csillagok látszatos mozgásának ábrázolása. A szabad ég alatt, részint nappal, részint éjjel megfigyelhető, imént leírt jelenségeket szemléletesekké tehetjük.

Állítsunk egy kerek asztalt vízszintesen, úgy hogy lapja láthatárunk síkját ábrázolhassa. Az asztallap szélén jelöljük meg a négy fő világtájt s kapcsoljuk össze egyenes vonalok által az éjszaki pontot a délivel, a keletit a nyugatival. Azután alkalmazzunk az asztallap körül oly karikákat, pl. abroncsokat, melyek a láthatáron képzelt különböző köröket és íveket ábrázolják. Egy az éjszaki és déli pontnál megerősített karikának a délvonal irányába kell esnie, hogy a délkört ábrázolhassa; ez tehát az asztallap (láthatár síkja) fölött épen egy félkört képez; közepén jelöljük meg a tetőpontot, mely az éjszaki és déli ponttól egyaránt 90 foknyira esik. A többi karikák helyes alkalmazhatása végett a délkör karikáján jelöljük meg a fokosztást; elegendő, ha minden 10-dik fokot jelölünk meg, tehát a tetőponttól az éjszaki és déli pontokig való

íveket kilencz részre osztjuk. Más karika a keleti és nyugati pontoknál erősíttessék meg, de úgy hogy ferdén essék a délkörre, hogy legmagasb része, t. i. közepe dél felé hajoljék s a tetőponttól (a pesti láthatárról levén szó) $47\frac{1}{2}$, a déli ponttól pedig $42\frac{1}{2}$ foknyira essék. Ezen karika tehát az egyenlítőt ábrázolja. A délkörön, az éjszakai pont felőli ívén, az éjszakai ponttól $47\frac{1}{2}$ foknyi távolságban az éjszakai sark megjelölésére fényes szeget szúrhatunk be. Az asztal középpontjáról, mely a mi álláspontunkat ábrázolja, egyenes vesszőt illeszthetünk a délkörön megjelölt éjszakai sark felé, az az egyenes vessző a délvonallal $47\frac{1}{2}$ foknyi szögletet fog képezni, mely láthatárunk sarkmagasságát jelenti. Az egyenlítő két oldalán $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságban, de az egyenlítő karikájával egyenközüleg egy-egy karikát a napfordulók ábrázolására alkalmazhatunk, s végre még egy karikát az éjszakai sark körül állíthatunk fel úgy, hogy az a sarktól mindenütt $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságban legyen. E karika tehát egészen a láthatár, az asztal lapja fölé esik, még pedig ferde állásban, s az *éjszakai sarkkört* ábrázolja.

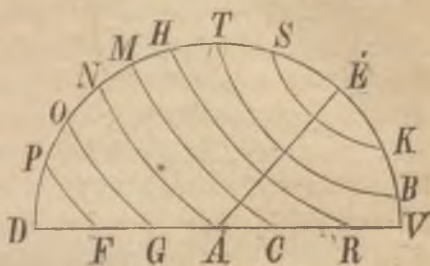
E karikák meg levén erősítve az asztal körül, ezt úgy állítjuk, hogy éjszakai és déli pontjai valóságos láthatárunk illető pontjai felé legyenek irányozva. Azután a Nap és csillagok leirt járásának feltüntetésére kis gömböket vezessünk keletről nyugatra. Vagy pedig a Nap és csillagok látszatos mozgása által megfutott ívek ábrázolására az éjszakai sarktól és egyenlítőtől különböző távolságokban vékonyabb karikákat alkalmazhatunk. Ezeknek annál kisebbeknek kell lenniök, minél távolabb vannak az egyenlítőtől s minél közelebbek a sarkhoz. Az a karika, mely az éjszakai sarktól mindenütt $47\frac{1}{2}$ foknyira esik, legalsóbb részével az asztallap éjszakai pontját érinti; a közöttte s az éjszakai sark között alkalmazott vagy csak képzelt karikák egészen az asztallap fölé esnek. Azon karikákból, melyek az éjszakai sarktól távolabb esnek, mint $47\frac{1}{2}$ foknyira, több mint a felerész, s végre azokból, melyek az egyenlítőtől délre vannak, kevesebb mint a felerész emelkedik az asztal fölé.

Miután e készülék segítségével helyes képzeletet nyertünk a főkörök és pontok fekvéséről s a Nap és csillagok látszatos járásáról, az általuk látszólag megfutott nappali és éjjeli ívek nagyságáról és fekvéséről: akkor a rajzolt idomot is meg fogjuk érteni s rajta is megmutathatjuk az illető pontok és körök fekvését.

Ez ábrában *DV* a láthatár középső átmetszetét, (l. a k. l.) a délvonalt, *É* az éjszakai sarkot, *T* a tetőpontot, *DTV* a délkört,

\hat{A} álláspontunkat, $\hat{A}\hat{E}$ egyenes vonalt álláspontunkból az éjszaki sark felé, SK az éjszaki sarkkört, TB , HR , MC , OG és PF a csillagok által megfutott ívek felét, $N\hat{A}$ a láthatár feletti egyenlítő felét ábrázolják.

Tehát $V\hat{E}$ ív $= 47\frac{1}{2}^\circ$,
 $\hat{E}\hat{A}V$ szöglet $= 47\frac{1}{2}^\circ$, $\hat{E}\hat{K}$
 és $\hat{E}\hat{S} = 23\frac{1}{2}^\circ$, $\hat{E}\hat{T} =$
 $42\frac{1}{2}^\circ$, TD és $TV = 90^\circ$,
 $\hat{E}\hat{N} = 90^\circ$, $TN = 47\frac{1}{2}^\circ$,
 $ND = 42\frac{1}{2}^\circ$. Ha MC és



13. idom.

OG a napfordulókat ábrázolják, akkor NM és $NO = 23\frac{1}{2}^\circ$, $TM =$
 $TN - NM = 47\frac{1}{2}^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ = 24^\circ$, $TO = TN + NO = 47\frac{1}{2}^\circ$
 $+ 23\frac{1}{2}^\circ = 71^\circ$. Mintán $\hat{E}\hat{V} = 47\frac{1}{2}^\circ$ s TN is $= 47\frac{1}{2}^\circ$, következö-
 leg a sark magassága egyenlő az egyenlítő távolságával a tetőpont-
 tól, s mintán $T\hat{E} = 42\frac{1}{2}^\circ$ s ND is $= 42\frac{1}{2}^\circ$, következöleg a sark
 távolsága a tetőponttól egyenlő az egyenlítő magasságával.

IV. A Hold látszatos járása.

A Hold körül észlelhető jelenségek. A Holdról mindenki tudja, hogy az egen bizonyos ideig látható, azután egy ideig nem látható. Mikor látható, majd egész tányéra fényes, majd csak egyik másik része az; ekkor olyan mint a sarló, s ez majd Naplemente után a nyugati egen, majd Nap felkelte előtt a keleti egen látszik. A Holdnak *fényváltozásai* (phasis) határozott időközökben állnak be. *Holdtólénék* vagy teljes Holdnak nevezzük azt az alakját, mikor teljes, azaz egész tányéra fényes, ellenben *új holdnak*, mikor egész tányéra homályos, s tehát nem világít. E két alakja közé azon változásai esnek, melyek idején csak egyik vagy másik széle vagy fele világos, melyeket *első* és *utolsó negyednek* neveztünk.

Tavaszi elején, mint tudjuk, a Napnak felkelése és lenyugvása reggeli hat s esti hat órakor a keleti és nyugati pontban történik. Tavasz kezdetén a Holdnak teljes fényű tányéra mindjárt Naplemente után emelkedik föl a keleti láthatáron, még pedig szintén a keleti pont közelében, a Nap felkelési pontjában. Az ég boltozatán körülbelöl az égi egyenlítő irányát követi körfutásában, éjféltkor a délkör déli oldalán mintegy $42\frac{1}{2}$ foknyi magasságban (t. i. a pesti láthatáron) tetőzik, azután nyugat felé ereszkedvén, reggeli

6 óra tájban a nyugati pont közelében a láthatár alá merül. Töltekor tehát egész éjen át világít a Hold.

Következő estve mintegy 50 percczel később s a keleti ponttól kissé délre eső helyen kel fel a Hold, tetőzési pontja is valamivel mélyebben áll a délkörön, s ugyancsak 50 percczel később és a nyugati ponttól odább délre nyugszik le.

Igy azután is minden estve körülbelöl 50 percczel később s mind délibbre eső vidéken kel fel és nyugszik le, azonban lenyugvását nem látjuk többé, mert Nap felkelte után esik meg; tetőzési pontjai minden éjjel mélyebbre és mélyebbre esnek a délkörön, de az ég boltozatán megfutott ívei mindig egyenközűek egymással. Azalatt fényes tányérának teljessége mindinkább fogy, még pedig azon oldalán, mely annak, ki feléje tekint, jobbjára esik.

A hetedik éjszakán, tölténck beállásától számítva, a Hold tányérának már csak egyik, még pedig bal felé eső fele világos, s ez azon fényváltozása, melyet *utolsó negyednek* nevezünk. Ekkor éjféltkor kel fel; reggeli hat óra tájban a délkörbe jut, tehát délben száll le, mit azomban a Nap fénye miatt nem igen láthatunk. Felkelési és lenyugvási pontjai már tetemes távolságra vannak a keleti és nyugati pontoktól, t. i. körülbelöl azon vidékre esnek, melyben a Nap december 21-dike körül szokott felkelni és leszállni. E szerint a tavaszi nap-éj-egyenlőség idején holdtöltekor az égi egyenlítőnek, az utolsó negyed beálltakor pedig a bakjegyi fordulónak közelében jár a Hold.

Utolsó negyedében is naponkint körülbelöl ötven percczel később kel fel és nyugszik le, ámde felkelési és lenyugvási pontjai megint a keleti és nyugati pontok felé közelednek. Megvilágított része mindinkább fogy, 12 vagy 13 nappal a tölténck kezdete után már csak igen keskeny karéja fényes, s ez a keleti égen látszik mindjárt a Nap felkelése előtt. Végre a fényes karéja is eltűnik. Ekkor a Hold ugyanazon időben kel fel és száll le mint a Nap, a két égi test egyszerre jár az égen, mi tehát a Holdat nem láthatjuk. Ez az új hold ideje.

Egykét nappal az újhold beállta után megint keskeny karéja kezd fényesedni, s a Hold mindjárt Nap lementé után a nyugati égen mutatkozik. Fényes sarlója most jobb felé esik, rövid ideig látható, mert csakhamar a Nap után lenyugszik. Azonban minden estve később és később száll le, fényes része folyvást növekedik, úgy hogy az újhold beállta után való hetedik estve már felerésze

fényes. Ekkor Nap lementekor a délkörben áll, s éjfélig világít. Most *első negyedében* van.

Ezentúl minden este mind jobban kelet felé mutatkozik, fényes része nőttön nő, s mintegy 7 nappal az első negyed beállta után mint teljes Hold akkor kel föl a keleti egen, mikor a Nap a nyugati egen leszáll.

Ezek szerint következük a meghatározott időközökben rendszeren váltakozó jelenségek, melyeket a Hold fényváltozásai és járása körül tapasztalhatunk :

1) Holdtöltte, a Hold fényes részének fogyása, utolsó negyed, a Hold fényes sarlója bal felé esik, újhold, ismét növekedő Hold, fényes sarlója jobb felé esik, első negyed, újra holdtöltte.

2) Holdtölttekor a Hold akkor kel fel, mikor a Nap leszáll, egész éjjel világít, s akkor száll le, mikor a Nap felkel.

3) Újhold idején a Hold a Nappal egyidőben kel fel, tehát éjjel nem világít.

4) Utolsó negyedében a Hold éjfél táján kel fel, az ég keleti oldalán világít s Nap felkeltekor a délkörben homályosul el a Nap sugarai miatt.

5) Első negyedében a Hold az ég nyugati oldalán világít estvétől éjfélig, mert már a délkörben áll, mikor a Nap leszáll.

Az egyes fényváltozások beállta között mintegy 7, az egyik holdtöltétől a másikig, az egyik újholdtól a másikig, az első negyed-től a másikig s az utolsó negyed-től a másikig körülbelül 29 napság jár le. Ez időszak a *holdnap* (hónap).

A Holdnak járása és fényváltozásai körül egészben véve ugyanazon jelenségeket tapasztalhatjuk, akár tavasz, akár nyár, ősz vagy tél kezdetén figyeljük meg. Csak felkelési, tetőzési és lenyugvási helyeire nézve mutatkoznak eltérések.

Azon fényváltozásában, melyet *holdtöltének* nevezünk, a Hold

a) A tavaszi és őszi nap-éj-egyenlőség idején a keleti és nyugati pontokban kel fel és száll le, s az egyenlítő irányában jár az egen ;

b) Nyár kezdetén a keleti és nyugati pontoktól délre kel föl és nyugszik le, s a bakjegyi napforduló közelében jár az egen ;

c) Tél kezdetén a keleti és nyugati pontoktól éjszakra kel fel s nyugszik le s a rákjegyi napforduló közelében jár az egen.

Tehát mikor a Nap az egyenlítőben jár, a Hold is holdtölttekor annak közelében jár; ellenben mikor a Nap az egyenlítő-től éjszakra

járván láthatárunk fölött legnagyobb magasságát éri el, a Hold ugyancsak holdtőltekor az egyenlítőtől délre jár és legalacsonyabb állását foglalja el; s viszont, midőn a Nap, télnek idején, legrövidebb ideig süt és legalacsonyabban jár, a Hold legmagasabb körét futja meg az egen.

A többi fényváltozások idején a Hold járása következő:

a) tavasz elején újholdkor az egyenlítőben, első negyedkor a rákjegyi fordulóban, utolsó negyedkor a bakjegyi fordulóban mozog;

b) nyár elején újholdkor a rákjegyi fordulóban, első negyedkor az egyenlítőben, utolsó negyedkor is az egyenlítőben jár;

c) ősz elején újholdkor az egyenlítőben, első negyedkor a bakjegyi fordulóban, utolsó negyedkor a rákjegyi fordulóban jár;

d) tél kezdetén újholdkor a bakjegyi fordulóban, első negyedkor az egyenlítőben, utolsó negyedkor is az egyenlítőben jár.

Ebből kitetszik, hogy a négy évszakban a Holdnak egyes fényváltozásai egymás után az egyenlítőben, a rákjegyi fordulóban, megint az egyenlítőben, végre a bakjegyi fordulóban esnek meg. A Hold minden hónapban kétszer szegi az egyenlítőt s ennek két oldalán körülbelül a két napfordulóig jár ide oda.

V. Az égi testek látszatos mozgásának összehasonlítása és pontosabb meghatározása.

Az állatkör, holdpálya, nappálya. Láttuk, hogy a csillagok körfutásukat az egen 24 óra, szorosabban véve 23 óra 54 percz alatt végézik be. A Hold pedig mindennap általán véve körülbelül 50 perczcel később kel fel és száll le, tehát egyik felkelésétől a másikáig 24 óra 50 percz telik le. Ennélfogva a Hold nem járhat mindig ugyanazon csillagokkal. Ha több egymásra következő estve és éjszaka megfigyeljük, észreveszszük, hogy azon csillagoktól, melyekkel bizonyos időben együtt felkelt vagy tetőzött, a következő éjszakákon mindinkább kelet felé elmarad, úgy hogy mintegy 27 napság alatt egy forgással kevesebbet tesz az egen, mint a csillagok, hogy tehát csak minden 27 nap múlva látszik ugyanazon csillagzatban.

E szerint a Hold látszólag nyugatról keletre menve halad bizonyos csillagzatokon keresztül; az ezekhez tartozó csillagokat részint elfedi tányérával, tehát közelebb esik Földünkhöz, mint azok. A csillagzatok, melyek mellett és előtt a Hold elhalad, az ég holtzatán 20 fok széles övben terjednek el, mely az egyenlítőt két

helyen szegi, úgy hogy egyik fele az egyenlítőnek éjszaki, másik fele pedig annak déli oldalára esik. Ez övet 12 egyenlő részre osztották; mindenikében egy-egy csillagzat van, melyeket leginkább állatokról neveztek el. Azért a csillagzatok ezen övét *állatövnek* vagyis *állatkörnek* (Thierkreis, latinul: Zodiacus) nevezik. Egyszersmind a csillagzatoknak bizonyos jegyeket adtak, s az állatkör egyes részeit egyszerűn *jegyeknek* is nevezik.

Az állatkör csillagzatainak nevei és jegyei következők: ¹⁾

Kos ♈, Bika ♉, Ikrek ♊, Rák ♋, Oroszlán ♌, Szűz ♍,

Mérleg ♎, Skorpió ♏, Nyilas ♐, Bak ♑, Vizöntő ♒, Halak ♐.

Az első sorban említett hat jegy (csillagzat) az égi egyenlítő-től éjszakra, a többi attól délre esik. Minden jegy 30 fokra osztatik, mert az egész állatkörnek 360 foka van. A *Kos* és a *Mérleg* első fokának kezdőpontjai, valamint a *Szűz* és *Halak* utolsó fokának végpontjai az egyenlítőbe esnek.

A Hold azon rendben halad el az állatkör jegyein, mint azokat elősoroltuk, a Kosból a Bikába jut stb. Tehát a Föld körül keringve az ég boltozatán 27 nap alatt egész kört fut meg. Ezen pályája az égi egyenlítőt körülbelől $23\frac{1}{2}$ foknyi szög alatt szegi. Az *Ikrek* jegyének végpontja, mely egyszersmind a *Rák* jegyének kezdőpontja, az egyenlítő-től az állatkörön számítva 90, a délkörön számítva pedig körülbelől $23\frac{1}{2}$ foknyira esik. Ugyanaz áll a *Nyilas* végpontjáról is, mely egyszersmind a *Bak* jegyének kezdőpontja. A holdpálya tehát legnagyobb kör, úgy mint az egyenlítő, s a két kör egymásra ferdén áll, egymást körülbelől $23\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegi. A két kör szegési pontjai 180 foknyira esnek egymástól.

Hogy a Hold pályája az emlitett csillagzatok övébe esik, erről meggyőződhetünk, ha járását megfigyeljük, mert teljes világtása mellett is megláthatjuk a csillagzatokat.

Holdtóltekor a Hold a Nappal épen átellenben esik, 180 foknyira van tőle, újhold idején pedig, mint már említettük, ugyanazon helyen, ugyanazon csillagzatban áll, melyben a Nap. Minden következő holdtóltekor a Hold más meg más, t. i. az előbbire következő csillagzatban mutatkozik; újhold idején pedig mindenkor 6 jeggyel odább van, mint holdtóltekor volt, s ekkor mindig a Nap mellett áll. Ebből azt kell következtetnünk, hogy a Nap is az állat-

¹⁾ Latin neveiket versbe foglalták:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo;

Libraque, scorpioque, arcitenens, capra, amphora, pisces.

kör jegyein halad el, noha akkor, mikor a Napot látjuk, a csillagokat pusztá szemmel nem láthatjuk.

De ha egyik újhold idején a Hold pl. a *Kosban* állt, a legközelebbi újhold idején a *Bikában* fog állni. Tehát az alatt, hogy a Hold az állatkör mind a 12 jegyeit megfutja, a Nap csak egy jegyen halad át. A Nap azon pályát, melyet a Hold körülbelül egy hónap alatt végez, csak 12 hónap alatt futja meg egyszer.

E szerint a Nap látszólag lassabban mozog, mint a Hold, de szintén nyugatról keletre menve halad át az állatkör övéen. Látszatosszerű keringése egy évig tart, s évi pályája (a *napút*, *ecciptika*) az állatkör övének közepén vonul el, az égi egyenlítőt $23\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegve.

Marczius 21-dikén a Nap az égi egyenlítőben áll s ekkor a *Kos* jegyébe lép; onnan éjszakra fordulván, tavasz alatt a *Kos*, *Bika* és *Ikrek* jegyein (a *tavaszi jegyeken*) halad át; június 21-dikén az egyenlítőtől $23\frac{1}{2}$ foknyira éjszaka felé esik (a délkörön számítva), s a rákjegy fordulóba, azaz a *Rák* kezdőpontjába lép; nyáron a *Rák*, *Oroszlán* és *Szűz* jegyein (a *nyári jegyeken*) keresztül az egyenlítő felé mozog, s ezt akkor éri el, midőn szeptember 23-dikán a *Mérleg* kezdőpontjába jut; az őszi hónapok alatt a *Mérleg*, *Skorpio* és *Nyilas* jegyein (az *őszi jegyeken*) át dél felé halad s december 21-dikén legdélibb állásába jut, mely. az egyenlítőtől $23\frac{1}{2}$ foknyira dél felé esik: ekkor a *Bak* jegy kezdőpontjában a bakjegyi fordulót érinti s télen át a *Bak*, *Vízöntő* és *Halak* jegyein (a *téli jegyeken*) keresztül ismét az egyenlítő felé közeledik, melyet marczius 21-dikén ér el. Ekkor ismét a *Kos* jegy kezdőpontjában van s most újra előbbi pályafutását kezdi meg.

A *Kos* jegy első pontja a *tavaszi nap-éjegylenlőség* pontja, a *Mérleg* jegy első pontja az *őszi nap-éjegylenlőség* pontja; a *Rák* jegy első pontja a *nyári napfordulat* vagyis *nyári nap-megállapodás* pontja s a *Bak* jegy első pontja a *téli napfordulat* vagyis *téli nap-megállapodás* pontja. Mindkét napfordulati pont $23\frac{1}{2}$ foknyira esik az egyenlítőtől, a nyári t. i. éjszaka felé, a téli pedig dél felé. Az egyik napforduló tehát kétszer $23\frac{1}{2}$, azaz 47 foknyira esik a másiktól.

A Holdnak kettős mozgása, pályájának csomópontjai, napfogyatkozás. Miként a Nap, úgy a Hold is az egyenlítőtől legdélibb állását akkor éri el, mikor a *Bak* jegy első pontjába jut, legéjszakaiabbra pedig akkor esik, mikor a *Rák* jegy első pontjában

áll. A Hold minden hónapban jut a Bak jegybe, onnan az egyenlítő felé halad, melyet körülbelül hét napság alatt elér, azután északra a Rák jegy felé tart, onnan ismét az egyenlítő felé fordul s ezen át megint a Bak jegy felé mozog. Mintegy 27 vagy 28 napság alatt teszi meg ezen útját az állatkör legdélibb pontjából legéjszakibb pontjába és vissza. Ez alatt 26-szor vagy 27-szer kel fel keleten és száll le nyugaton. Tehát a Holdnak látszólag kettős mozgása van, *naponkénti* és *havi*. Naponként úgy mint a Nap és csillagok keletről nyugatra s havonként, úgy mint a Nap évenként, nyugatról keletre mozog.

A csillagok naponkénti, keletről nyugatra való mozgásukat 23 óra 56 percz, a Nap ugyanazon mozgását 24 óra, a Hold pedig 24 óra 50 percz alatt végezik. A Nap és Hold e szerint a csillagokhoz képest hátrább maradnak, vagyis nekik látszólag még más mozgásuk van, mely a naponkénti mozgással ellenkező irányban, nyugatról keletre, történik. Még pedig a Hold sebesebben mozog mint a Nap, mert az állatkörön több mint 12-szer halad el, míg a Nap csak egyszer. Azon idő alatt, mely alatt a Nap egy jegyen halad át, a Hold az állatkörnek mind a 12 jegyén, sőt még a következő jegynek egy részén is átmegy. Azért egy év alatt 12-szer, sőt többször is van holdtölte és újhold.

A Hold fényváltozásai, mint láttuk, a Naphoz való helyzetétől függenek. Mikor a Hold a Nappal épen átellenben, azaz tőle 6 jegynyi vagyis 180 foknyi távolságra esik, holdtölte, mikor a Nappal találkozik, újhold, mikor a Naptól 3 jegynyi, azaz 90 foknyi távolságra esik, első vagy utolsó negyed van.

Azon idő, mely letelik, mignem a Hold az egész állatkörön áthaladva ugyanazon csillag mellett kétszer egymásután mutatkozik, pontosabban véve átlagosan 27 napság 7 óra s 43 percz. Ez időszak *csillagi hónapnak* neveztetik. A Hold ez időszak alatt egész körfutását végezi. De mivel ugyanazon idő alatt a Nap látszólag egy jegyen, azaz 30 fokon halad tovább, azért a Hold a 27 napság 7 óra 43 percz eltelte után nem mutatkozik még ugyanazon fényváltozásban, mint milyenben ez időszak kezdetén volt; még tovább kell haladnia, hogy a Naphoz való előbbi állásába jusson. Azért a Holdnak bármely fényváltozásától ugyanazon fényváltozásáig, holdtöltétől a legközelebbi holdtöltéig stb. nemcsak 27 napság, 7 óra 43 percz, hanem 29 napság 12 óra 44 percz múlik el, s ez időszak *fényváltozati* (synodikus) *hónapnak* neveztetik. A Hold az állatköri

pályáján 24 óra alatt mintegy 13, a Nap pedig körülbelül csak 1 fokot fut meg.

Mondtuk, hogy a Hold és Nap pályái az ég boltozatának ugyanazon övébe esnek, s hogy azok az egyenlítőre ferdén állnak. Még pedig az eclipetika vagyis a nappálya az egyenlítővel $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez.¹⁾ Az most a kérdés, vajjon a Hold pályája tökéletesen összevág-e a Nap látszatos pályájával. Mind a Nap mind a Hold tányér alakjában mutatkoznak, s a Hold sebesebben mozog pályáján mint a Nap, s végre egyik a másikkal gyakran találkozik.

Nevezetesen a Hold annyiszor megy el a Nap mellett, a hány-szor újhold van. Ha tehát a Hold pályája tökéletesen összevágna a Nap pályájával, a két égi test minden újhold alkalmával vagy egymásba ütköznék, vagy egyik a másikat elfedné. Az előbbi esetnek akkor volna helye, ha a két égi test egyenlő, az utóbbinak pedig akkor, ha különböző távolságban volna. A két égi test egymásba sohasem ütközik, tehát különböző távolságban jár. De olykor csakugyan megtörténik, hogy a Hold a Napot elfedi, azaz a Nap előtt vonul el. Ebből következik: 1-ször az, hogy a Hold közelebb jár a Földhöz, mint a Nap s 2-szor, hogy a Hold pályája bizonyos időközökben csakugyan a Nap pályájával összeesik. Minden hónapban van újhold, a Hold mégsem fedi el minden hónapban a Napot. Tehát a Hold pályája nem egészen s nem mindig vág össze a Nap pályájával. A 20 fok széles állatkörből ugyan sohasem tér ki a Hold, de pályája a Nap pályájára ferdén áll, a két pálya síkja nem esik össze, hanem szögletet képez egymással; e szöglet körülbelül 5 foknyi, s a Hold csakis mintegy 5 foknyira térhet le a Nap pályájáról.

E szerint a Hold pályája a Nap pályáját szegi, még pedig két ponton, úgy hogy a Hold pályájának egyik fele a nappályától délre, másik fele attól éjszakra esik. A két pálya szegési pontjait *csomóknak* nevezik, még pedig az egyiket *felhágó*, a másikat *leszálló csomónak*. A felhágó csomó azon pont, melyben a Hold a Nap pályá-

¹⁾ Ismételve volt már szó a fokokról, hogy némi képzeletünk legyen az égboltozata fokainak látszatos nagyságáról, megemlítjük, hogy a Nap és Hold tányérainak látszatos szélessége körülbelül *fél fokot* tesz. Tehát a láthatár szélétől pl. a keleti ponttól a tetőpontig 180, s a tetőponttól a nyugati pontig ismét 180, úgy a láthatári körben is a déli ponttól a nyugati pontig s ettől az éjszaki pontig stb. mindig 180 Holdat vagy Napot lehetne egymás mellé rakni. Szóval az éggömbön valamely köz, mely oly széles mint a Nap vagy Hold, félfoknyi, tehát egy fok kétszer oly széles; egy ívperc 30-szor, egy ívmásodperc 1800-szor keskenyebb mint a Nap.

ját éjszak felé, a leszálló csomó pedig azon pont, melyben a Hold a Nap pályáját dél felé menve szegi. A Hold közelebb esik Földünkhöz mint a Nap, az az a Nap és Földünk között kering. Mikor tehát a két égi test pályáinak szegési pontjai vagyis csomói közül az egyik vagy másik oly irányba esik, mely a Nap és Föld között egyenes vonalt képez, akkor a Hold elfedi a Napot, azaz akkor *napfogyatkozás* támad. Ez vagy *központi* (teljes vagy gyűrűs) vagy *részleges*. Teljes napfogyatkozás akkor fordul elő, mikor a Holdnak középpontja a mi álláspontunkból a Nap középpontja felé vont egyenes vonalon megy keresztül; részleges napfogyatkozás pedig akkor támad, mikor a Nap előtt elmenő Hold középpontja nem épen azon egyenes vonalra esik. Világos, hogy napfogyatkozás csak újhold idején támadhat, mert a Hold csak ezen fényváltozásában halad el a Nap mellett. A Hold akkor mint sötét tányér vonul el jobbról balra, azaz nyugatról keletre a Nap előtt s ennek fényét vagy egészen vagy részben felfogja, eltakarja, úgy hogy Földünkön sötétség támad.

Vannak *Holdfogyatkozások* is, de ezekről valamint a Napfogyatkozásokról is alább bővebben szólnunk.

A bolygók mozgása. Ha az állatkör övében levő csillagokat hosszabb ideig megfigyeljük, csakhamar észreveszszük, hogy azok közül némelyek nem maradnak meg egy helyben, hanem azon csillagokat, melyek mellett bizonyos időben látszanak, elhagyják és másokhoz közelednek, azután ezektől is eltávoznak. Tehát nekik a többi csillagokkal s az egész égboltozattal közös naponkénti mozgáson kívül még más mozgásuk is van. Azért nem álló csillagok, hanem *bolygók* (planeták). Ilyen pl. a *Venusz*, melyet mint *Hajnalcsillagot* és *Esti csillagot* mindenki ismer. Sajátságos fénye által a *Jupiter* és *Marsz* is feltűnik. Alább még más bolygókat is megemlítünk, itt csak annyit jegyzünk meg róluk, hogy az állatkör övében nyugatról keletre mozognak, míg az állócsillagok csak keletről nyugatra látszanak keringeni.

A Nap látszatos évi keringését az említett készülék segítségével lehet szemlélhetővé tenni. A kerék asztallap körül a délkör, egyenlítő és két forduló karikáin kívül a Napnak látszatos pályáját ábrázoló karikát is kell alkalmaznunk. Ez ekkép fektetendő a fordulók közé, hogy ezeket szöglet alatt érintse s az egyenlítőt két átellenben eső ponton (a tavaszi és őszi nap-éj-egyenlőség pontjain)

szegje. Hogy azonban a készflék helyes képzeletet szolgáltatasson, a karikákat egymással úgy kell összekapcsolni, hogy illető helyzetükben maradv a asztallap körül forgattathassanak. Csak a délköri karika maradjon nyugton. Ha azután a fordulókat, egyenlítőt és nappályát keletről nyugatra forgatjuk, világos képzeletet nyerünk az egyik vagy másik fordulóban, az egyenlítőben s az ezekkel egyenközt más körökben mozgó égi testek naponkénti látszatos forgásáról. Mindezen körök fekvése az asztallapra (láthatárra) nézve a forgás alatt változatlan marad, de a nappályát képviselő karika fekvése minduntalan változik. S ez az, a mire különösen figyelniünk kell, ha a Napnak az év s a Holdnak a hónap folyamában váltakozó felkelési, tetőzési és lenyugvási helyeiről helyes képzeletet akarunk magunknak szerezni. Ha a nappályát ábrázoló karikán az állatkörjegyeit is feljegyezzük, akkor az összekötött karikák forgásából azt is látjuk, a különböző évszakok egyes napszakáin micsoda jegyei a nappályának vannak a láthatár felett. Pl. ha a tavaszi nap-éj egyenlőség pontját a keleti pontba hozzuk, ekkor a nappálya déli része van a láthatár felett, még pedig nyugatról keletre menve a Mérleg, Skorpion, Nyilas, Bak, Vízöntő, Halak. A Bak első pontja tetőzik, a három utolsó jegy kelet, a három első nyugat felé esik. Ha most a karikákat forgatjuk addig, mig nem a tavaszi nap-éj egyenlőség pontja a délkörbe jut, akkor kelet felé a Kos, Bika és Ikrek, nyugat felé a Halak, Vízöntő és Bak vannak a láthatár felett; ugyanaz nap estve 6 órakor a Kos első pontja a nyugati pontban, a Mérlegé a keletiben, a Rák első pontja a délkörben van, ettől kelet felé az Ikrek, Bika és Kos, nyugat felé a Rák, Oroszlán és Szűz esnek stb.

II. Szakasz.

Az égi jelenségek magyarázata s Földünk viszonyai az égi testekhez.

Látszat és Valóság. Az elébbi szakaszban az égi jelenségeket úgy irtuk le, mint azok nekünk a Földről tekintve látszanak. Földünknek, bárhol álljunk is, mindig csak kis darabját látjuk, ellenben az égnek egész boltozata, az égi gömbnek felerésze tárul fel előttünk ragyogó Napjával, szende fényű Holdjával és csillagainak ezreivel. Az égboltozat, az egész éggömb Napjával és Holdjával s minden

csillagaival együtt, úgy látszik, folytonosan kering, Földünk pedig örök nyugalomban van. Az égboltozat minden 24 órában egyszer fordul meg Földünk körül, a Napnak, Holdnak és bolygóknak pedig látszólag, azon felül még más mozgásuk is van. Midőn ekkép az égi testek folyvást mozgásban vannak, egyedül lakóhelyünk, a Föld vesztegelne örök nyugalommal egy helyben? — A régiek a látszatos valóságnak vevén, csakugyan azt hitték, Földünk egyhelyt vesztegel, sőt az egész világnak nyugvó központja, mely körül az égi testek kisebb nagyobb sebességgel keringenek. Ugy jártak vele, mint a gyermek, ki gőzkocsin vagy gőzösön utazva, azt hiszi, az út melletti bokrok, fák és épületek, vagy a folyó partjai indultak meg, míg a gőzkocsi vagy hajó vele együtt mozdulatlanul áll. Ámde most már tudjuk, hogy Földünk mozog és kering, az égi testek mozgása pedig nagyrészt csak látszat, nem pedig valóság. Földünk korántsem központja a világegyetemnek, hanem aránylag csak nagyon kis részecskéje, mely magában sötét test, mely világát, melegségét s tehát életerejét is a Naptól kapja. Nem Földünk jártatja maga körül az égi testeket, hanem ezek s különösen a Nap Földünket vezetik járszalagon. ¹

Földünk alakja. Most Földünknek az égi testekhez való viszonyát kell megismertetnünk; ebből ki fog tetszeni, hogy Földünk szintén olyforma test mint a csillagok, de nem fűcsillag, nem a világegyetemnek központja, mint a régiek vélték, hanem ellenkezőleg csak igen alárendelt csillag, csak porszem a megmérhetlen világegyetemben. Azonban előbb Földünk *alakjáról* kell szólnunk.

A régieknek különböző képzeleteik voltak a Föld alakjáról. Most bizonyosan állíthatjuk, hogy az gömbölyű, azaz hogy Földünk egy nagy gömb vagyis teke, mely támasz nélkül, szabadon lebeg és mozog a roppant világtérben. Midőn Földünk általános alakjáról van szó, egyelőre mellőznünk kell a felületén létező egyenetlenségeket, magasságokat és mélységeket, dudorodásokat és horpadásokat. Ugyis Földünk felületének ezen egyenetlenségei csak ránk a földi lakókra nézve jelentősek, a világegyetem roppant méreteihez, sőt magának Földünknek nagyságához képest pedig oly csekélyek, hogy tökéletesen elenyésznek.

Hogy Földünk felülete egészben véve mindenütt olyan, milyen valamely nagy gömb vagy teke felülete, azaz hogy mindenütt gömbölyű, azt különböző bizonyítékokkal bizonyíthatjuk be. A legközönségesebben felsorolt bizonyítékok a következők:

a) Bárhol foglaljunk állást Földünkön, mindenütt köralakú láthatár támad körültünk, ha t. i. a kilátást hegyek vagy más tárgyak nem rekesztik el. Midőn állásunkat megváltoztatjuk, láthatárunk s illetőleg mezeje is megváltozik, az előbbi tárgyak lassankint eltűnnek s helyettük új meg új tárgyak merülnek fel. E mellett tapasztalhatjuk, hogy a távoleső tárgyaknak, hegyeknek, tornyoknak stb. elsőben legmagasabb részei merülnek fel, alsóbb részeit pedig csak akkor látjuk, midőn jobban-jobban közeledünk feléjük. Különösen ha a tenger partján állva az érkező és távozó hajókat szemléljük, tapasztalhatjuk, hogy a távozó hajóknak alsó része, teknője stb. hamarabb tűnik el, mint felső részeik, árboczfáik, vitorláik; az érkező hajóknak pedig szintén felső részei merülnek fel nagyobb távolságról mint alsó részeik. Mind abból, hogy a láthatár szélei körvonalt képeznek, mind ebből, hogy a távoleső tárgyaknak felső részeit hamarabb látjuk, mint az alsókat, azt következtethetjük, hogy Földünk felülete gömbölyű.

b) Bizonyos távolságban minden tárgy, akár nagy, akár kicsiny, láthatatlanná válik előttünk. Minden általunk szemlélt tárgynak látszatos nagysága azon szöglettől függ, melyet az annak szélső pontjaira szemlünkől eső két egyenes vonal képez. E szögletet *látszögletnek* nevezzük. Ez a távolság növekedtével aránylag kisebbedik. Ép szemmel, közönséges világítás mellett, még minden tárgyat megláthatunk, mely szemlünkben legalább *félpercnyi szöglet* képez, azaz 60-szor keskenyebbnek mutatkozik, mint a Nap látszatos tányérának szélessége. ¹⁾ Midőn valamely tárgy 5000-szer távolabb esik tőlünk, mint a mekkora az ő valóságos átmérőjének nagysága, akkor már $\frac{1}{2}$ percnyi látszögletet sem képez, tehát tiszta átlátszó levegőben sem láthatjuk többé. De nagyobb közelségben még megláthatnók, ha Földünk felülete egyenes volna. Teneriffa szigetének híres kúphegye 11,400 párisi láb magas, azaz magassága majdnem $\frac{1}{2}$ mfd, azt tehát majdnem 2500 mfdnyi távolságról kellene látni, pedig a hajósok 30 mfdnyi távolságról is alig látják meg. Általánvöve sok tárgyat Földünkön, ha felülete egyenes

¹⁾ A pókháló legfinomabb szála, melyen a mikrometerekben alkalmaztatik, oly távcsőben, melynek gyújtási távolsága (azon pontnak távolsága, melyben a fényugarak egyesülnek) 4.3 meter, $\frac{1}{3}$ másodpercnyi szélességnek látszik. Pényes tárgyakat, kivált sötét alapon, pusztán szemmel is megláthatunk, ha félpercnyinél kisebb szöglet alatt mutatkoznak is, s 400-szorosan nagyító távcső által az $\frac{1}{10}$ másodpercnyi közöket is megkülömböztethetjük:

és sík volna, sokkal nagyobb távolságról láthatnánk akár pusztá szemmel, akár távcsővel, mint a tapasztalás szerint valóban látjuk. Tehát ez is bizonyítja, hogy Földünk felülete seholsem egészen sík és egyenes, még ott sem az, hol tenger borítja. Ha nem egyenes, hanem gömbölyű, természetes, hogy egy-egy helyről csak odáig láthatunk el, hol a szemünkből húzott egyenes vonalok arra mint érintők esnek. A mi az érintő vonalok síkján alul van, az ránk nézve még fel nem kelt, még nem esik láthatárunkba, azaz még nem láthatjuk. E szerint látkörünk annál szélesebb, minél magasabb a mi álláspontunk; toronyból, vagy hegy csúcsáról messzibbre láthatunk, mint nyílt mezőről vagy tengeren a hajóról.

c) Földünk nem átlátszó, azért a Naptól megvilágítatván árnyékot vet, melyet azonban csak néha láthatunk, t. i. akkor, mikor Földünk a világító Nap s a Hold közé jut. Ez holdtöltekor történik néha. Ekkor a Hold tányéra fogja fel a Föld árnyékát, s ez rajta látható, mert azt elhomályosítja s ugynevezett *holdfogyatkozást* okoz. Akár a holdfogyatkozás teljes, akár csak részleges, a Föld árnyéka mindig gömbölyű, tehát kell, hogy Földünknek is kerek alakja legyen.

d) *Magelhaens Ferdinánd* 1519-ben Spanyolország egyik kikötőjéből kiindulván, nyugat felé tartva, nyugati irányát egészben véve mindig megtartá, a mennyiben seholsem fordult meg, hogy haza felé vitorlásszék. Három hajóval indult vala el, két hajója s ő maga is szerencsétlenül járt az úton, de egyik hajója s úti társainak egy része szerencsésen visszakerült Spanyolországba. Folyvást nyugatnak tartottak vala, mégis kelet felől érkeztek haza. Tehát az egész Föld körül hajóztak. Ez Földünknek első megkerülése, körülhajózása volt; azóta sokan tették meg az utat egész Földünk körül, mind nyugati, mind keleti irányban. Hogy Földünk körülhajózható, bizonyosága annak, hogy alakja kerek.

e) A rövidebb-hosszabb ideig látható égi jelenségek Földünk különböző vidékein nem egy, hanem különböző napsági időben észleltetnek. Pl. a nap- és holdfogyatkozások, a Venusz és Merkúr nevű bolygók elvonulása a Nap tányéra előtt stb. bizonyos, előre is kiszámítható, időben kezdődnek és végződnek, mégis e jelenségek kezdete és vége egymástól távol eső helyeken különböző órákban áll be. Még pedig úgy, hogy a kelet felé eső helyeken későbbi, a nyugatra eső helyeken pedig korábbi órában észleltetnek a jelenségek. Ebből következik, hogy azok beállásakor a kelet felé eső

helyeken a Nap keltétől számítva már több idő múlt el, mint a nyugatra eső helyeken, vagyis, hogy a keletre eső helyeken a Nap hamarabb kel fel mint a nyugatra való helyeken. Ez pedig csak akkor történhetik meg, ha Földünk felülete kelet-nyugati irányban görbe alakú.

Ha pontosan járó órával nyugatra utazunk s útközben nem igazítjuk, azt fogjuk tapasztalni, hogy óránk a helybeli órákhoz képest siet; ellenben ha keletre utazunk, óránk látszólag elmarad, késik. Például ha a pesti idő szerint igazított órával nyugatnak tartva Londonba utazunk, itt óránkon már déli 12 óra lesz, míg a londoni órák még csak délelőtti 10 $\frac{3}{4}$ órát mutatnak; ellenkezőleg ha keleti irányban Moszkvába megyünk, itt óránk még délelőtti 11-et sem mutat, mikor délre harangoznak. Egy szóval a Nap felkelési, delelési és lenyugvási ideje az egyes helyeknek kelet-nyugati irányban való távolságától függ, úgy hogy különböző helyekre nézve az időbeli különbség mindig annál nagyobb, minél távolabb esnek egymástól kelet-nyugati irányban.

Földünk felülete tehát kelet-nyugati irányban egyenletesen van meggörbülve.

f) A legszabatosabb és legtudományosabb bizonyítékot Földünk alakjára nézve a következő tapasztalás és okoskodás szolgáltatja:

Mindenki tapasztalhatja, hogy az úgynevezett állócsillagok kölcsönös helyzetüket észrevehetőleg nem változtatják meg s hogy látszatos mozgásukat az égboltozatnak ugyanazon vidékén teszik meg. De ha tetemes utat éjszaki irányban teszünk, azt látjuk, hogy oly csillagok, melyek lakóhelyünkön épen a tetőponton mentek át, az éjszakibb helyen nem a tetőpontban mutatkoznak éjfélkor, hanem attól délre, még pedig annál délibbre, minél messzibbre mentünk éjszak felé. A sarkcsillag sokkal nagyobb magasságban, azaz a tetőponthoz közelebb mutatkozik; némely csillagok, melyeket lakóhelyünkön keleten felkelni s nyugaton leszállni láttunk, a kirándulási helyen folyvást a láthatár felett keringenek. Sőt az éjszaki helyen új csillagok is mutatkoznak, melyeket a délre eső lakóhelyünkön sohasem szemlélhettünk, ellenben az égnek déli részén sok csillag láthatatlanná lett.

Ellenkezőleg ha nem éjszak, hanem dél felé utazunk, az égnek éjszaki részén keringő csillagok mind alább süllyednek, a déli csillagok pedig mind magasabbra emelkednek; éjszak felé némely csillagok

lassaukiut egészen eltűnnek, míg dél felé új meg új csillagok merülnek fel. Ezeket mindenki láthatja és tapasztalhatja, ha csak némileg tud eligazodni a csillagos egen.

A ki a tetőpont irányában a délkörbe emelkedő csillagok, pl. a Sarkesillag magasságát a láthatár síkja fölött megmérni s meghatározni képes, azt fogja tapasztalni, hogy valahányszor 15 mély-földet egyenes vonalban éjszak felé halad, a Sarkesillag épen egy fokkal emelkedik magasabbra, s megfordítva, valahányszor ugyan- csak 15 mfdnyi egyenes utat dél felé tesz, a Sarkesillag megint egy fokkal alább süllyed. Ebből következik, hogy az éggömb tengelye (vagyis az éggömb sarkait összekötő, képzelt, egyenes vonal) s a piom által jelölt irány vagyis a tetővonal által képezett szöglet egy-egy fokkal kisebbedik vagy nagyobbodik, a mint Földünkön egyenes irányban éjszak, vagy pedig dél felé 15 mfdnyi utat teszünk.

Az éggömb tengelyének irányát azon irány mutatja, mely a Sarkesillag felé esik; ezen irány sohasem fordul, soha forgási változást nem szenved, azaz Földünk minden helyére és pontjára nézve egyenközüi. Az éggömb tengelye tehát állandó irány s azért nem annak változása okozza, hogy az általa s a tetővonal által befogott szöglet nagysága változik, hanem ezt annak kell tulajdonítanunk, hogy a tetővonal, a piom iránya változtatja meg hajlását, hogy ez forog. Ha Földünk felülete sík és egyenes volna, a tetővonal iránya csakugyan mindenütt egyenközüi volna, nem szenvedhetne forgási változást, s akkor a világtengely és tetővonal által képezett szöglet sem változnék. De miután e szöglet egy fokkal növekedik, mikor 15 mfdet dél felé haladunk, s egy fokkal csökken, mikor 15 mfdnyi utat éjszak felé teszünk, okvetlenül föl kell tennünk, hogy a tetőpont iránya változik olyképen.

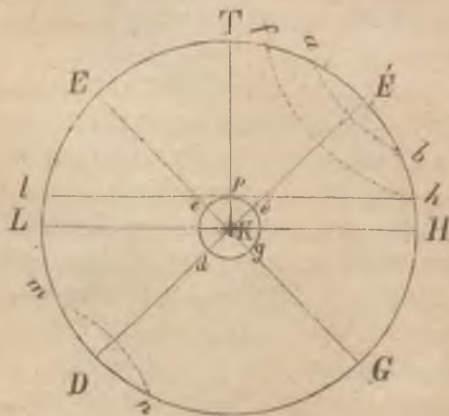
Ha egy körben valami irányt mint állandót és változatlant megjelölünk s vele és valamely meghosszabbított sugárral szögletet képeztünk, látni fogjuk, hogy a körben a szöglet oly arányban növekedik vagy csökken, a mely arányban a megnyújtott sugár a körületen az állandó iránytól távozik, vagy hozzája közeledik, azaz a szerint, a mint az állandó irány és mozgó sugár által befogott iv nagyobbodik vagy kisebbedik. Mindezekből következik hogy Földünk délköréi valóságos körök, ha pedig ezek körök, akkor kell, hogy Földünk gömbalakú legyen.

g) A tudósok többnyire úgy vélekednek, hogy azon anyagok, melyekből Földünk áll, valamikor gőz- vagy légnemű, vagy pedig

izzón folyó állapotban voltak; e gözalakú vagy cseppegő-folyó anyagrészek idő jártában összetömörültek. Ha csakugyan ily állapotban levő anyagrészekből támadt a Föld, már eredeténél fogva gömb alakját kellett felvennie, s más alakja nem is lehetett sohasem.

Bizonyos tehát, hogy Földünk alakja olyan, mint a golyóé vagy tekéé, mindazáltal sokféle mérésekből és észlelésekből kitűnt, hogy nem tökéletes gömb. A délköri fokok nagysága nem mindenütt egyenlő, az egyenlítő táján 15 földrajzi mfldet tesz, de ottan a két sark felé menve valamivel nagyobb; tehát a két sark felé Földünk felülete nines annyira meggörbülve, mint az egyenlítő táján, ott laposabb, s a sarkok alatt le van lapúlva. Emél fogva Földünk egyenlítői átmérője valamivel nagyobb, mint sarki átmérője. A két átmérő közötti különbség nem tesz egészen 6 földrajzi mfldet, t. i. annyival rövidebb a sarki átmérő mint az egyenlítői. Ez kerek számmal $\frac{1}{300}$ rész, mert az egyenlítői átmérő hossza kerek számmal 1719 mfld. Ezek szerint Földünk az egyenlítő táján kissé fel van duzzadva, a sarkok alatt pedig le van lapúlva, s így alakjára nézve oly test, melyet a mennyiségtanban *sphaeroid*-nak vagyis *ellipsoid*-nak azaz *gömbhöz hasonlónak* neveznek. De miután sarki lelapultsága csak körülbelül $\frac{1}{300}$, azért valóságos gömbnek tekinthetjük, mikor alakjáról csak általában szólunk, vagy mikor kicsinyben ábrázoljuk. Alább a Föld alakjáról még részletesebben szólunk.

Természetes és valódi láthatár. Fent és lent. A földgömb szabadon lebeg a világtérben, mert felületének minden pontjától nagy távolságra esik a látszatos ég. Előttünk úgy tűnik fel a dolog,



14. idom.

mintha Földünk a roppant nagyságú éggömb üregének kellő közepében lebegne, miért is mindazon köröket és vonalokat, melyeket az éggömbre alkalmaztunk, Földünkre is alkalmazhatjuk. Ezt a következő idom mutatja.

Ez idomban a *k* körül vont kisebbik kör Földünknek, a nagyobbik kör pedig az éggömbnek át-

metszetét ábrázolja. E az éggömb éjszaki, D annak déli sarka, tehát ED az éggömb tengelye, mely körül a csillagok látszólag forognak; e Földünknek éjszaki, d pedig annak déli sarka, ed Földünknek tengelye, EG az égi, eg a földi egyenlítő; lh a kisebbik kör érintője p helyre nézve a természetes láthatár, T pedig azon helynek tetőpontja.

Az égi egyenlítő EG az éggömböt, a földi egyenlítő eg a földgömböt két egyenlő, éjszaki és déli részre osztja; miként E az égi, úgy e a földi egyenlítőtől 90 foknyira esik, ugyanaz áll a D és d pontokról is, $EE'DG'E$ az égi, $eedgé$ a földi délkör p helyre nézve, mert miként az égi egyenlítő a földi egyenlítővel egyazon síkba esik, úgy minden égi délkör minden földi délkörrel ugyanazon síkban van. A b -ben levő csillag 12 óra alatt a ba ívet, a következő 12 órában pedig az idomban nem látható tulsó ab ívet futja meg. A h -ban levő csillag a p -ben lakó emberre nézve legmélyebb állásakor a láthatárt érinti, legmagasb állását pedig f -ben éri el. A csillagok által látszólag megfutott körök középpontjait az égi tengely ED képezi, tehát az E -nél levő csillag által megfutott körnek középpontja Földünknek k középpontjába esik; az éggömb éjszaki felében járó csillagok köreinek középpontjai k és E , ellenben az éggömb déli felében járó csillagok köreinek középpontjai k és D között vannak. Az n -nél levő csillag a déli sark körül mozog s p helyen sohasem látható; pk , lk , dk , gk és ek egyenes vonalak azt az irányt mutatják, melyet a p , l , d , g és e pontokon, Földünk felületén felfüggesztett nehéz test, a πom vagyis mérőn vesz. Látjuk, hogy a piomok irányai, vagyis a különböző *tetővonalok* Földünk felületének minden pontjáról egyaránt annak középpontja felé tartanak s ott egyesülnek, mintha azaz erő, melyet vonzási erőnek nevezünk, a Föld középpontjában székelne.

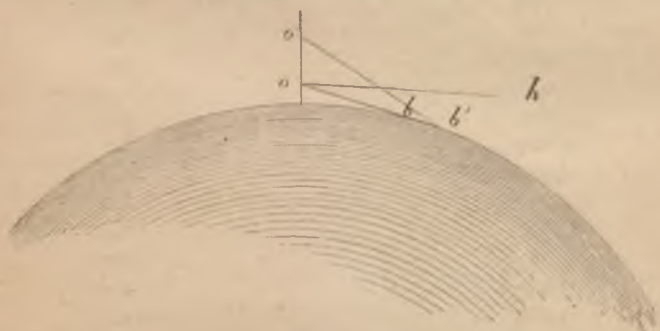
Földünk nagyságáról alább lesz szó, itt előlegesen csak annyit említettünk meg, hogy a földgömb felátmérője, azaz sugara körülbelül 859 mfd hosszú. Ez nekünk elég hosszú vonalnak látszik, mégis a csillagok roppant távolságához s az éggömb mérhetetlen nagyságához képest végtelen csekély. A világnak roppant nagyságú alkotmányában a Föld csak parányi pontocska, átmérőjének nagysága az éggömb átmérőjéhez képest tökéletesen eltűnik. E szerint kp , $ké$, kd stb. pT , $éE$, dD stb. távolságokkal összehasonlítva annyi, mint semmi, tehát lh síknak távolsága a vele egyenközü s a Föld középpontja: keresztül képzelt siktól szintén annyi mint

senmi, a két sikot úgy tekinthetjük, mintha teljesen összeesnék s egy volna; vagyis Ll és hH közök mekkorasága a legtöbb égi je lenségekre nézve egészen eltűnik. Milyelyt valamely csillag H -ba jut, már h -ban, azaz p láthatárában is mutatkozik.

Ha p Pestet jelenti, lh Pestnek természetes vagyis látszatos, LH pedig annak valódi vagyis menniségtani láthatára. A természetes láthatár síkja oly távolságra esik a valódi láthatár síkjától, mint a mily hosszú a Föld sugara, tehát 859 mfdnyire, de e távolság a csillagok távolsága mellett elenyészik. A valódi láthatár a Föld középpontját szegi; p valódi láthatára LH , e ponté ED , g ponté szintén ED , $é$ és d pontoké EG vonalokkal vág össze. Tehát Földünkön két oly pontnak, melyek ugyanazon délkör alatt vannak, de egymástól 180 foknyira esnek, ugyanazon valódi láthatára van. Az emberek, kik bármely földi átmérőnek két ellenkező pontján laknak, egymás tekintetében *ellenlábiak*, *ellenlábasok*, (antipodes), lábokkal egymásnak ellenében állnak, s ha lábok a Föld középpontjáig érne, ott találkoznék. E szerint $é$ és d , e és g lakosai egymásra nézve *ellenlábasok*; ámde azok is, ezek is Földünk felületén állnak és járnak s fejük ég felé, azaz fölfelé van irányozva. A »fent« és »lent«, »felfelé« és »lefelé« helyi meghatározások általában véve csak a tető- és talppont egymáshoz való irányait jelölik meg; a mi az égnek van irányozva, arról azt mondjuk, hogy »fent«, »felfelé« van, ellenben a mi Földünk középpontja felé van irányozva, az »lent« vagyis »lefelé« van. Magában véve Földünk felületének egyik helyéről, s a rajta levő tárgyak egyikéről sem mondhatjuk, hogy »fent« vagy »lent« van. Az emberek mindentűtt a Földön járnak, s az ég mindentűtt felettök van kifeszítve. A 14. idomban E pont az $é$ helynek tetőpontja (Zenith), D pedig a talppontja (Nadir), viszont d helynek D a tetőpontja, s E a talppontja. Ugye helynek is E a tetőpontja, G a talppontja, g helynek meg G a tetőpontja és E a talppontja.

A természetes és valódi láthatár kiterjedése. A láthatár-ról már bőven szoltunk, de mégsem mondtunk el mindent, mit róla tudnunk kell. Eddigelé leginkább a természetes (látszatos, csillagászati) láthatárról volt szó, az pedig nem egyéb mint a szemlélőnek szemén keresztül fektetett s Földünk felületét érintő sík. Minden vonal és lap, mely e sikkal egyenközü, vízszintes vonalnak és lapnak neveztetik. Imént láttuk, hogy az a sík, melyet a természetes láthatár síkjával egyenközünek, de Földünk középpontján

keresztül fektetettnek képzelünk, a *valódi* vagy *menyiségtani lát-határ*; hogy azonban a kétféle láthatár, noha síkjaik körülbelöl 860 mfdnyi távolságra esnek egymástól, az égi jelenségekre nézve egynek vétethetik. A Föld felületének valamely helyéről, pl. p pontból (l. a 14. idomot) annyit látunk az éggömbből, mintha Földünk középpontjának síkján, azaz a valódi láthatáron állnánk; p pontból az éggömbnek LTH részét, azaz felét látjuk. Ha magasabb helyről nézzük az eget, a szemünkön átmenő sík a láthatár szélén alább süllyed, s az éggömbnek valamivel több mint felét látjuk, ugyanazon magasabb álláspontról. Mert a mint a 15-dik idom mu-



15. idom.

tatja, a látvonal, mely a szemlélőnek szeméből a láthatár szélére vonatik, tehát az ob vonal, nem vág össze a szemből, o -ból vízszintesen húzott vonallal, hanem vele szögletet képez, azaz ob szögletet képez oh vonallal, t. i. a boh szögletet. Ez a *láthatári süllyedés* (Depression des Horizontes vagyis Kimuntiefe). Ennek nagysága a szemlélő álláspontjának magasságával aránylag növekedik.

A szemlélő szem magassága a tenger szintje felett. A láthatári süllyedés nagysága fokokban és percekben.

0 láb	0° 0' 0"
10 »	0 3 24
100 »	0 10 48
1000 »	0 34 50
10,000 »	1 50 —

Az idom azt is mutatja, hogy a Föld felületén is a szemlélő álláspontjának emelkedésével aránylag a láthatár szélei mind jobban kitágulnak, azaz hogy látkörünk az álláspont magasságával aránylag növekedik. Azonban a legmagasabb álláspontból sem

láthatjuk Földünknek felét. A látkör nagyságát s aránylagos növekedését a következő egybeállítás mutatja :

A szemlélő magassága a tenger szintje felett. A látkör félátmérőjének hossza mélyföldekben.

10 láb	0.9
20 »	1.2
30 »	1.5
40 »	1.72
50 »	2.0
100 »	2.75
200 »	3.87
300 »	4.75
400 »	5.5
500 »	6.17
1.000 »	8.67
2,000 »	12.3
3,000 »	15.04
4,000 »	17.36
5,000 »	19.4
6,000 »	21.25
7,000 »	22.96
8,000 »	24.5
9,000 »	26.4
10,000 »	27.44
12,000 »	30.6
14,000 »	32.5
16,000 »	35.7
18,000 »	36.8
20,000 »	38.8
24,000 »	41.56
25,000 »	43.36

E szerint Földünknek mind nagyobb részét tekinthetjük át, minél magasabb állásontról nézzük, s ha a Holdra, azaz 50,700 mfdnyi magasságra emelkedhetnénk, a Föld felületének majdnem negyedrészt láthatnók, onnan szemlélve, látkörünk sugara 1335 mfdet tenne. De minél magasabb állásontra emelkedünk, az áttekintett földfelület annál kisebb szöglet alatt mutatkozik. Pl. 14 lábnyi magasságról köröskörül majdnem egy mfdnyi távolságra láthatunk, de azon mfdnyi félátmérője látkörünknek oly közel esik hozzánk, hogy síkja álláspontunk tetőleges vonalával majdnem 90 foknyi szögletet képez, csak 4 perczezel kisebb. Tehát a szemünkből a látkör szélei felé vont egyenes vonalak köröskörül

csak négy perczezel hajlanak a láthatári sík alá. De ha a Holdról tekinthetnénk le a Földre, látkörünk félátmérője ugyan 1335 mfldet tenne, mégis az igen nagy felület, melyet Földünkéből látnánk, oly kis szöglet alatt mutatkoznék, hogy az két fokot sem tenne, tehát nem egészen négyszer akkorának látszanék, mint a Hold vagy Nap a Földről tekintve. Mivel a látszöglet nagysága szerint ítéljük meg a tárgyak látszatos nagyságát, azért a 14 lábnyi magasságról látható földdarab sokkal nagyobbbnak látszik, mint pl. az 50,000 mfldnyi magasságról látott földfelület. A látszöglet nagysága az álláspont magasságához képest következő arányban esökken:

az álláspont magassága.

a látszöglet nagysága.

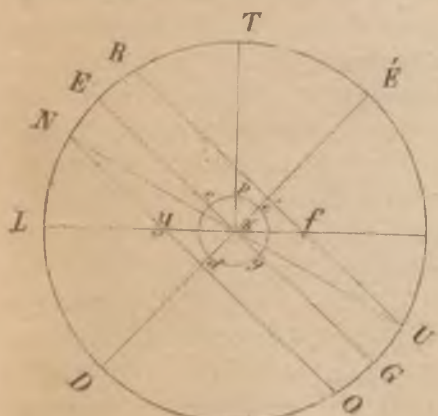
10 láb	89° 56'
20 >	89 56
50 >	89 52
100 >	89 49
500 >	89 36
1,000 >	89 25
5,000 >	88 42
10,000 >	88 10
15,000 >	87 45
20,000 >	87 21
25,000 >	87 6

A ferde, függélyes és egyenközü éggömb. A különböző helyek láthatárán az éggömb jelenségei különböző alakban mutatkoznak, s a szerint az éggömb állása vagy *ferdének* (sphaera obliqua), vagy *függélyesnek*, *egyenesnek* (sphaera recta) vagy *egyen-*

közünek (sphaera parallela) látszik. Ennek magyarázatára a következő idom szolgáljon.

ÉD a világtengely, *EG* a világegyenlítő, *RU* a rákjegy forduló, *NO* a bakjegy forduló, *NU* a napút.

Képzeljük magunknak elsőben, hogy *P*-ben állunk. *P* a pesti láthatár; a *K*-ből *P*-be s onnan *T*-ig húzott egyenes a tetővonal, *T* a tetőpont. A *PK*-ra függélyesen



16. idom.

húzott LH vonal P -nek valódi láthatára, $LT = TH = 90^\circ$. Továbbá tudjuk, hogy $\acute{E}H$ sarkmagassága P -nek, s hogy ez $= 47\frac{1}{2}^\circ$, a sarknak tetőponttól való távolsága $= TH - \acute{E}H = 90^\circ - 47\frac{1}{2}^\circ = 42\frac{1}{2}^\circ$. LE az iv, mely azt a magasságot mutatja, melyre az egyenlítő P láthatára fölött emelkedik. Ezen LE iv, vagyis az egyenlítő magassága $= LT - ET$; ámde $LT = E\acute{E} = 90^\circ$, mindkét ívből a közös ET darabot levonván, marad $T\acute{E} = LE = 42\frac{1}{2}^\circ$, azaz a sarknak tetőponttól való távolsága $=$ az egyenlítő magasságával. A pesti láthatárt tehát az egyenlítő $42\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegi.

ET iv az egyenlítő távolságát a tetőponttól fejezi ki, e távolság $= E\acute{E} - T\acute{E} = 90^\circ - 42\frac{1}{2}^\circ = 47\frac{1}{2}^\circ$, vagyis az egyenlítő távolsága a tetőponttól $=$ a sarkmagassággal. ET iv fokbeli nagysága $= eP$ fokbeli nagyságával; eP pedig Pestnek fokszerinti távolságát jelenti a földi egyenlítőtől; tehát Pestnek sarkmagassága is $=$ Pestnek távolságával az egyenlítőtől.

NU a napút, mely az egyenlítővel, mint tudjuk, körülbelül $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez; $EN = 23\frac{1}{2}^\circ = GU$. Láttuk, hogy $EL = 42\frac{1}{2}^\circ$, tehát $NL = EL - NE = 42\frac{1}{2}^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ = 19^\circ$. Ez Pest láthatára felett a nappályának legkisebb emelkedése, melyet a Nap december 21-dikén délben elér. Akkor t. i. a Nap a bakjegyi fordulóban, NO -ban áll. Ellenben június 21-dikén a Nap a rákjegyi fordulóban, RU -ban van, s ekkor délben legnagyobb magasságát éri el a pesti láthatár felett; e magasságát az LR iv fejezi ki, $LR = LE + ER = 42\frac{1}{2}^\circ + 23\frac{1}{2}^\circ = 66^\circ$.

Tavaszi és őszi kezdetén, vagyis a nap-éj-egyenlőségkor a Nap az EG egyenlítőben áll, tehát akkor délben $LE = 42\frac{1}{2}^\circ$ magasságot éri el. E szerint a pesti láthatáron a Napnak közepes magassága $42\frac{1}{2}^\circ$, legnagyobb magassága 66° , legkisebb magassága 19° ; a leghosszabb napszakán $66^\circ - 19^\circ = 47^\circ$, azaz kétszer $23\frac{1}{2}$ fokkal nagyobb, mint a legrövidebb napszakán. Tetőponttól való távolsága a Napnak a leghosszabb napszakán $= RT = 90^\circ - 66^\circ = 24^\circ$, a legrövidebb napszakán $= NT = 90^\circ - 19^\circ = 71^\circ$, a nap-éj-egyenlőségek napszakáin $ET = 90^\circ - 42\frac{1}{2}^\circ = 47\frac{1}{2}^\circ$.

A Nap ép annyira süllyed a láthatár alá, mint a mennyire föléje emelkedik, t. i. az ellenkező évszakokban. Jun. 21-dikén legnagyobb emelkedése LR , ez $= HO$, mi december 21-dikei éjjel való legnagyobb süllyedését jelenti. Egy és ugyanazon napságon a Nap legmagasabbra emelkedik s legkevesebbé süllyed a láthatár

alá, mert jun. 21-dikén RU rákjegyí fordulóban mozog, már pedig $HU = NL = 19^\circ$, tehát június 21-dikén éjfélkor a Nap 19° -nyira süllyed a láthatár alá. Azért a legrövidebb éjszakán majdnem folyvást szürkület van, mert ez akkor kezdődik és végződik, mikor a Nap 18 foknyira áll a láthatár alatt.

NU a nappálya, egyik fele EG felett, másik fele EG alatt van, azaz a nappályának egyik fele mindig a pesti láthatár felett van, s minthogy a Nap minden napságon az egyenlítővel egyenközi kört fut meg, bármely pontjában legyen is a nappályának, s e körnek egyik része LH alatt van, azért a pesti láthatáron naponként kel fel és száll le a Nap.

Marc. 21-kén és szept. 23-kán a Nap az egyenlítőben, azaz egyik pontban áll, melyben a nappálya és egyenlítő egymást szegik. Azon napokon tehát az egyenlítőben mozog, mely felében Pest láthatára fölött, felében alatta van. Az általa megfutott 180 foknyi nappali ívnek felét, azaz 90° -ot KE , s ugyancsak 180 foknyi éjjeli ívének felét KG mutatja.

Deczember 21-kén, a legrövidebb napszakán a Nap a bakjegyí fordulóban, NO -ben látszik keringni, ennek Ny része a láthatár felett, Oy része pedig alatta van, Ny a nappali, Oy az éjjeli ívnek felét mutatja.

Jun. 21-kén a leghosszabb napszakán a Nap a rákjegyí fordulóban, RU -ban van, Rf a nappali, Uf az éjjeli ívének fele.

A fellebbiekből (l. 26. lapot) már tudjuk, hogy a pesti láthatáron a nappali ívek marc. 21-kén és szept. 23-kán 180° , deczemb. 21-kén 120° , s június 21-kén 240° tesznek, s hogy az éjjeli ívek és nappali ívek egyült véve mindig 360° .

Mivelhogy a Nap egész éven át az NR ívnek valamely pontjában delel, s ez ív egészen délre esik a T tetőponttól, természetes, hogy Pesten a Nap mindig dél felé delel, s függélyesen felállított pózna délben mindig éjszak felé, a délvonalra veti árnyékát. Pesten tehát az emberek e tekintetben *egyárnyékúak*.

A Napnak, Holdnak s minden egyéb csillagnak látszatos nappali keringése az egyenlítővel egyenközi, ámde ennek a pesti láthatáron ferde fekvése van, (az egyenlítő a pesti láthatárt $42\frac{1}{2}^\circ$ szöglet alatt szegi), következésképp az égi testek által látszólag megfutott ívek és körök a pesti láthatárhoz képest ferde fekvésűek. Azért a P. láthatára fölött látszólag keringő *éggömb ferdének* nevezetik.

Hasonló viszonyokat találunk az egyenlítő és a két sark között fekvő minden más helynek láthatárára nézve. Csak az illető ívek nagysága, a fokok számai, szóval az egyenlítő és láthatár síkjainak ferdesége változik, úgy hogy az annál nagyobb, minél közelebb esik az illető hely az egyenlítőhöz, s annál kisebb, minél közelebb esik a hely a sarkokhoz. A pesti láthatár körülbelül a középső helyet foglalja el.

Másképp van a dolog az egyenlítőn s ismét másképp az egyik vagy másik sarkon.

Képzeljük, hogy a földi egyenlítő valamely pontján levő helyen, pl. *e*-ben vagyunk.

Az *e* hely valódi láthatára \overline{ED} égi tengelylyel esik össze; tehát a mi \overline{ED} fölött (*E* felé) esik, a láthatár fölött van, a mi pedig \overline{ED} alatt (*G* felé) esik, a láthatár alatt van. \overline{E} és \overline{D} , vagyis az éggömb északi és déli sarkai mindig a láthatárba esnek. Az egyenlítő \overline{EG} függélyesen szegi a láthatárt s *E* tetőponton megyen keresztül. Tehát az egyenlítő valamely helyének láthatárán a csillagok, melyek pályái az égi egyenlítőbe esnek, minden 24 órában a tetőponton vonódnak át s a láthatár szélein derékszöglet alatt kelnek fel és szállnak le.

Valamennyi csillag látszatos pályái az égi egyenlítővel egyenköztiek, tehát a földi egyenlítő láthatárán valamennyi csillag függélyesen kel fel és száll le, miértis a földi egyenlítő fölött keringő éggömb *függélyesnek* vagyis *egyenesnek* mondatik. A földi egyenlítőn *e* szerint minden csillag 12 óráig van a láthatár felett s ugyancsak 12 óráig a láthatár alatt. Az éggömb naponkénti látszatos forgása \overline{ED} körül történik, tehát az egyenlítőn naponként valamennyi csillag kel fel és száll le.

A nappálya *NU* az egyenlítővel $23\frac{1}{2}^\circ$ szögletet képez, *NE* és *GU* egyaránt $= 23\frac{1}{2}^\circ$. A Nap marczius 21-kétől szept. 23-áig az egyenlítőből éjszakra esik, *U*-ban legtávolabb van attól, jun. 21-kén az *UR* ívet futja meg, *R*-ben, tehát *E*-től, az egyenlítőből, éjszakra delel $23\frac{1}{2}$ foknyira. Marcz. 21-kétől jun. 21-kéig *E*-től *R*-ig, jun. 21-kétől szeptemb. 23-áig *R*-től *E*-ig mozognak delelési pontjai. Tehát a Nap ez egész időszak alatt a délkör északi részében delel. A szept. 23-kától marczius 21-kéig való időszakban ellenkezőleg az *EN* ív valamely pontjában delel, azaz a délkör déli részében.

E szerint az *e* helyen felállított pózna délben azon időszakban, melyben a Nap az *E* és *R* közötti ívnek pontjaiban delel, dél felé,

azon időszakban pedig, melyben a Nap az E és N közötti ív pontjaiban delel, éjszak felé veti árnyékát, azon napokon (a nap-éjegyenlőségek napjain) pedig, mikor a nap E -ben delel, semmi árnyéka sincs. S azért az egyenlítőn lakó emberek *kétárnyékúak*, illetőleg *árnyéktalanok*.

A nap-éjegyenlőségek idején a Nap E -ben delel, tehát magassága e láthatára fölött EE , illetőleg ED azaz 90° ; a nyári napfordulatkor a Nap R -ben delel, magassága ekkor $EE - ER$, azaz $90^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ = 66\frac{1}{2}^\circ$, a téli napfordulatkor N -ben delel, magassága ekkor $ED - EN$, azaz szintén $90^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ$, azaz $66\frac{1}{2}^\circ$. Az egyenlítői láthatáron a Nap delelései kétszer $23\frac{1}{2}^\circ$, azaz 47° -nyi ívben változnak, melynek éjszaki és déli határai egyenlő távolságra esnek a tetőponttól.

Egészen másképp van a dolog a sarkok alatt. Vegyük pl. az e pontot, az éjszaki sarkot. Ennek valódi láthatára az égi egyenlítő EG , \hat{E} a tetőpontja, D a lábpontja. Az égnek éjszaki félgömbje mindig felette, a déli félgömbje pedig alatta van láthatárának. Az égi testek látszatos naponkénti mozgásai az egyenlítővel egyenközltek, tehát oly csillagok, melyek pályái az egyenlítőbe esnek, nem kelnek fel és nem szállnak le, hanem folyvást a láthatárban maradva minden 24 órában köröskörül mozognak. A \hat{E} -ben levő csillag mindig a tetőpontban marad. Azon csillagok pedig, melyek az egyenlítő és \hat{E} között vannak, a láthatárral egyenközüleg mozognak, folyvást egyenlő magasságban maradva. Azért a sarki láthatár éggömbje *gyenközünek* mondatik. A déli félgömbnek egy csillaga sem látható s általában a sarki láthatáron semmi állócsillag sem kel fel és száll le, hanem a látható csillagok mindig a láthatár felett keringenek.

A Nap félévig az egyenlítőtől éjszakra esik, tehát egy félévig az éjszaki sark láthatára fölött marad folyvást; t. i. marc. 21-kétől szept. 23-káig. Az egész időszak alatt csigavonalokban kering, úgy hogy marczius 21-kétől jun. 21-kéig mind magasabbra emelkedik, mignem a $23\frac{1}{2}^\circ$ magasságot elérte, azután jun. 21-kétől szept. 23-káig ismét lejjebb és lejjebb száll, mignem a láthatárt, az egyenlítő, eléri. Az egész félév alatt a Nap nem kel fel és nem száll le, s a sark alatt a napszaka 6 hónapig tart. De szept. 23-ka után a láthatár alá merül, s azután marc. 21-kéig folyvást alatta marad, s tehát a sarkon az éjszaka is 6 hónapig tart. A legnagyobb magasság, melyet a Nap az éjszaki sark láthatárán elérhet, ER , illetőleg GU azaz $23\frac{1}{2}^\circ$, tehát ekkor távolsága a tetőponttól $66\frac{1}{2}^\circ$ tesz.

Az ϵ ponton felállított pözna árnyéka minden 24 órában köröskörül jár, a sark alatt lakó emberek azért *körárnyékúak* (persikii).

Ég- és földövek, földrajzi szélesség. A következő idomban a kisebbik kör a földgömböt, a nagyobbik az éggömböt ábrázolja.

$\acute{E}D$ az égi, $\acute{e}d$ a földi tengely, EG az égi, eg a földi egyenlítő,



17. idom.

NU a nappálya, RU az éggömb éjszaki, NO annak déli fordulója, ru a földgömb éjszaki, no annak déli fordulója, f a földgömb középpontja, SL a nappálya tengelye, tehát S a nappálya éjszaki, L annak déli sarka, mind

a két pont az éggömb forgási (egyenlítői) sarkaitól $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságra esik.

S és L pontok az éggömb látszatos forgása következtén SK és PL körökben keringnek, ezek az *égi sarkkörök*, melyeknek a *földi sarkkörök* sk és pl felelnek meg, ezek is azok is a legközelebbi égi és földi sarkpontoktól $23\frac{1}{2}$ foknyira esnek.

A földi egyenlítő eg az égi egyenlítő EG síkjába esik, amde a földi és égi fordulók síkjai nem vágnak össze. Mert a fordulók oly kúp körül futnak, melynek esüese a Föld középpontjába esik. Ha Földünk középpontjából egyik földi fordulónak valamely pontja felé egyenes vonalt képzelünk s az édig megnyújtjuk, az a megfelelő égi fordulónak valamely pontját érinti, mely a földi forduló illető pontjának tetőpontja. Ez a viszony a földi és égi sarkkörök között is van. A földi napfordulók és sarkkörök tetőpontjai mind az illető égi napfordulókban és sarkkörök ζ en vannak.

Minden kör, melyet az ég- és földgömb körül az égi és földi egyenlítővel egyenközűleg képzelünk, *egyenközű kör*, már pedig az ég- és földgömb minden pontján keresztől húzhatunk képzeletünkben ily *egyenközű kört*. Azonban legnevezetesebb egyenközű körök a *napfordulók* és *sarkkörök*. Az égi napfordulók és sarkkörök az éggömböt, a földi napfordulók és sarkkörök pedig a Földet *öt övre* osztják.

A földi övek közül az első az egyenlítő két oldalán a két napforduló között terjed el; ez a *forró* vagy *fordulói* (tropikus) *öv*, szélessége 47° ; a két sarktól az illető sarkkörig a *hideg földövek*, a sarkvidékek terjednek el, t. i. az *éjszaki* és a *déli hideg öv*, mind-egyik $23\frac{1}{2}^\circ$ széles; a két napfordulótól kezdve a legközelebbi sarkkörig az *éjszaki* és a *déli mérsékelt övek* terjednek el, mind-egyiknek szélessége 43° .

Tehát *NO* és *RU*, illetőleg *no* és *ru* között a *forró*, *É* és *SK* s illetőleg *é* és *sk* között az *éjszaki hideg*, *D* és *PL* s illetőleg *d* és *pl* között a *déli hideg*, *RU* és *SK*, illetőleg *ru* és *sk* között az *éjszaki mérsékelt* s *NO* és *PL*, illetőleg *no* és *pl* között a *déli mérsékelt övek* vannak.

A napfordulók között levő vidékekre a Nap sugarai évenként részint egyszer, t. i. épen a fordulók alatt, részint kétszer függélyesen esnek s külömben sem sültnék nagyon ferdén, miértis a levegőt és földet legnagyobb mértékben melegítik meg. A napfordulóktól a két sark felé eső vidékekre a Nap sugarai mindig ferdén esnek, még pedig annál ferdébben, minél távolabb vannak azok az egyenlítőtől, tehát legferdébben a sarkvidékekre és sarkpontokra esnek, miért is ott legkisebb meleget fejtenek ki. Az egyenlítői lakosokra marc. 21. és szept. 23. függélyesen sül a Nap, tetőpontjokban áll, egy félév alatt éjszak, a másik félév alatt pedig dél felé látják azt. Az éjszaki mérsékelt öv lakosai a Napot dél, a déli mérsékelt öv lakosai ellenben éjszak felé látják mindig delelni; végre az éjszaki sarkponton dél felé, a déli sarkponton pedig éjszak felé látszik a Nap, még pedig nemcsak délben, hanem mindenkor.

Az egyenlítő alatt a napszakák és éjszakák egész éven át egyenlők, egyaránt 12 óráig tartanak; mert *e* pontnak *ED* a valódi láthatára, már pedig minden egyenközű körnek épen felerésze *ED* felett s felerészük az alatt van; tehát a Nap bármely egyenközűben futja meg látszatos pályáját, az egyenlítői láthatár felett mindig 12, s alatta is 12 óráig van.

Már a napfordulók tájékán másképp van a dolog. Vegyük pl. a pontot. Itt jun. 21-dikén a Nap az *UR*, december 21-dikén pedig *NO* kört futja meg. Az *u* pont láthatára *SL*. Az idomból látni, hogy a juu. 21-dikei nappali ív *vU* nagyobb mint *RU*-nak fele, ellenben decz. 21-dikén az *mO* nappali ív kisebb mint *NO* fele. S minél inkább távoznunk el az egyenlítőtől a sarkok felé, annál nagyobb különbséget találunk a váltakozó napszakák és éjszakák hossza között. A sarkok alatt végre az egész év csak egy hat hónapig tartó napszakákából s ugyanoly hosszú éjszakából áll.

A Nap mindenkor Földünknek egyik felét világítja meg; ha pl. *U*-ban áll, az *lus* félkör által jelölt félgömbre sűt, s míg *EG* egyenlítőtől éjszakra van, az általa megvilágított félgömb folytonosan *é* ponton, az éjszaki sarkon túlig ér. Azért *é*-ben hat hónapig világít a Nap, s mikor *U*-ban az éjszaki fordulóban áll, *é* ponton túl egészen s-ig érnek sugarai. Az éjszaki sarkkörön tehát akkor egymásután 24 óráig sűt a Nap; ott a leghosszabb napszaka 24 óráig tart. A sark és sarkkör között fekvő helyeknek leghosszabb napjai meghaladják a 24 órát s 2-szer, 3-szor, 4-szer stb. 24 óráig egy, két stb. hónapig tartanak.

Mindazon helyeken, melyek a sarkkörök és napfordulók között fekszenek, a Nap minden 24 órában egyszer kel fel és száll le. De minél közelebb vannak a sarkkörökhöz, annál nagyobbak a napszaka és éjszaka közötti különbségek.

Pesten a leghosszabb nap 16 óráig, a legrövidebb nap 8 óráig 20 perczig tart. Már Berlinben a leghosszabb napszaka 16 óráig 45 perczig tart, tehát a Nap ekkor mindjárt 3 óra után kel fel s este 9 órakor száll le. A legrövidebb napszaka valamivel több mint 7 óra, december 21-dikén Berlinben a Nap 8 óra után kel fel s négy óra előtt száll le.

Az egyenlítő vidékén egész éven át minden napszaka s minden éjszaka egyaránt 12 óráig tart, a sarkokon az egész év csak egy hat hónapig tartó napszakára s ugyancsak hat hónapig tartó éjszakára oszlik, végre a sarkkörök vidékén a leghosszabb napszaka 24 óráig tart. Az egyenlítő, sarkkörök és sarkok tehát a váltakozó nap- és éjszakák hosszára nézve Földünknek fővidékei. Ha az egyenlítő vidékét elhagyva akár délre akár éjszakra tartunk, csakhamar oly vidékekre érünk, hol a leghosszabb napszaka $12\frac{1}{2}$, 13, $13\frac{1}{2}$ stb. óráig tart. A leghosszabb napszakák s illetőleg éjszakák e növekedéséhez képest Földünket az egyenlítőtől kezdve a

két sarkkörig s a két sarkig kétszer 30 övre szokták osztani, t. i. a két sarkkörig minden övre félórai, a sarkköröktől pedig a sarkokig egész hónapi növekedést számitanak. Ez időkülömb ségi öveket *csillagászati* (mennyiségtani) *éghajlatoknak* (astronomiai klíma) is nevezik.

Azokból, a miket feljebb előadtunk, kitűnik, hogy az *egyenlítői* lakosnak valódi láthatára az *ÉD* (az ég tengelye), hogy tehát az égi sarkok 0 fokkal emelkednek láthatára fölé, s távolsága az egyenlítőtől szintén 0 fok. Ellenben ha valaki *é* ponton, vagyis az éjszakai sarkon állna, akkor valódi láthatára *EG* volna, az éjszakai sark 90 foknyira emelkednék e láthatára fölé, s távolsága az egyenlítőtől szintén 90 fokot tenne. Az egyenlítő és két sark között bárhol foglal helyet az ember, ha az egyenlítőtől éjszakra van, az éjszakai, ha pedig az egyenlítőtől délre van, a déli sark, mindig ugyanannyi fokkal emelkedik láthatára fölé, a hány fokkal az egyenlítőtől déli vagy éjszakai irányban távozik.

Az egyenlítőtől való távolságot a két sark felé *földrajzi szélességnek* nevezzük, s ezt a délkör fokaival fejezzük ki. A földrajzi szélesség vagy *éjszakai*, vagy *déli*, a mint t. i. az egyenlítőtől éjszakra vagy délre esik valamely hely. Minden helynek földrajzi szélessége akkora, mekkora azon hely láthatára fölött a sarkmagasság. E szerint a földrajzi szélesség az egyenlítő alatt 0°, a sarkmagasság is 0°; a két napforduló alatt a földrajzi szélesség 23½°, a két sarkkör alatt 66½°, a sarkmagasság is amott 23½°, emitt 66½°, csak hogy az éjszakai napforduló és sarkkör alatt éjszakai, a déli napforduló és sarkkör alatt pedig déli a szélesség. A két sark legtávolabb esik az egyenlítőtől, vagyis a két sarknak legnagyobb földrajzi szélessége van, t. i. 90°; minden más helynek szélessége az éjszakai vagy déli félgömbön 0° és 90° között változik.

Mint hogy bármely helynek földrajzi szélessége vagyis ívfokokban kifejezett távolsága az egyenlítőtől egyenlő az azon hely láthatára feletti sarkmagassággal, azért a csillagok állásának észlelése által bármely földi helynek meghatározhatjuk távolságát a föld egyenlítőjétől.

Már tudjuk, hogy az úgynevezett Sarkcsillag majdnem épen az éjszakai sarkpontban áll, ha tehát éjfélkor e Sarkcsillag magasságát lakóhelyünk láthatárának síkja fölött megmérjük, az így talált szöglet nagysága lakóhelyünk földrajzi szélességét is megmutatja, noha nem tökéletesen.

Az egy és ugyanazon egyenközi kör alatt fekvő helyek földrajzi szélessége és sarkmagassága ugyanaz, s azért az egyenközi köröket *szélességi köröknek* is nevezzük.

A leghosszabb napszakák s illetőleg éjszakák különbsége szerint Földünknek két félgömbén felvett övek vagyis csillagászati éghajlatok földrajzi szélességét a következő egybeállítás mutatja:

Leghosszabb napszaka.	Földrajzi szélesség.	Leghosszabb napszaka	Földrajzi szélesség.
12 óra	0° 0'	20 óra	63° 23'
12 ¹ / ₂ »	8° 34'	20 ¹ / ₂ »	64° 11'
13 »	16° 44'	21 »	64° 50'
13 ¹ / ₂ »	24° 12'	21 ¹ / ₂ »	65° 23'
14 »	30° 49'	22 »	65° 57'
14 ¹ / ₂ »	36° 32'	22 ¹ / ₂ »	66° 8'
15 »	41° 24'	23 »	66° 22'
15 ¹ / ₂ »	45° 33'	23 ¹ / ₂ »	66° 30'
16 »	49° 3'	24 »	66° 32 ¹ / ₂ '
16 ¹ / ₂ »	52° 0'	30 nap	67° 19'
17 »	54° 31'	60 »	69° 34'
17 ¹ / ₂ »	56° 39'	90 »	73° 5'
18 »	58° 28'	120 »	77° 38'
18 ¹ / ₂ »	60° 0'	150 »	82° 55'
19 »	61° 19'	180 »	88° 38'
19 ¹ / ₂ »	62° 26'	6 hónap	90° 0'

Látjuk, hogy ez övek szélessége nem egyenlő, noha a sarkkörig mindig félórai, azután pedig egy havi időkülönbség vétetik.

A leghosszabb napszakák általán véve mindenütt annyi ideig tartanak, mint a leghosszabb éjszakák. Mindazáltal a napszakák és éjszakák egyenlősége nem tökéletes, t. i. a napszakák valamivel hosszabbak mint az éjszakák, s tehát együlttve a nappali világosság Földünkön mindenütt valamivel tovább tart mint félévig. Ugyanis a világító Napnak látszatos átmérője 32', e szerint középpontja még 16 percczel a láthatár alatt van, mikor felső széle felkel vagy leszáll, s már ennél fogva minden napszaka az éjszakánál annyi idővel hosszabb, mennyi idő kell, hogy a Nap 16 ívperezet a láthatár fölé emelkedjék vagy az alá süllyedjen.

Előbb még azon körülmény járul, hogy a fénysugarak ugynevezett törésénél fogva a láthatár síkjába eső világítópont körülbelül 34 ívperezzel magasabbnak látszik. E szerint a Nap egészben véve a láthatár közelében mintegy 34 percczel magasabbnak lát-

szik, vagyis sugarai már akkor kezdenek sütni, mikor felső része még 34 ívpercczel a láthatár alatt van, s addig sütnék, mig nem felső része is 34 ívpercczel a láthatár alá merült.

Ezek szerint a napszakák akkora idővel hosszabbak, mekkora idő kell, hogy a Nap látszatos keringésében $16 + 34 = 50$ ívperczet fusson meg. Ez az idő Földünk különböző vidékein különböző, az egyenlítő alatt legkisebb, t. i. $3\frac{1}{2}$ időpercz, a sarkok alatt legnagyobb, körülbelül 56 óra. Tehát az egyenlítő alatt minden napszaka kétszer $3\frac{1}{2}$, azaz hét időpercczel, a sarkok alatt pedig a hat hónapi napszaka körülbelül 5-ször 24 órával hosszabb mint az éjszaka.

Földünk nagysága. Midőn Földünk nagyságát vagyis terjedelmét kérdezzük, azt akarjuk tudni: 1-ször mekkora a földgömb átmérője, 2-szor mekkora a földgömb felületének kiterjedése négyzet mérték szerint és 3-szor mekkora a földgömb köbmértékű foglalatja. E mennyiségek közül csak egyet kell meghatároznunk, s a másik kettőt azután könnyen kiszámíthatjuk. Ámde közvetlenül egyiket sem mérhetjük meg.

Földünknek, mint már tudjuk, gömbalakja van. Tehát gömbjének csak körületét, csak egyik legnagyobb körének nagyságát kell megmérnünk, hogy az egész gömb kiterjedését kiszámíthassuk. Földünk egész körületét, pl. egyenlítőjét vagy valamely délkörét sem mérhetjük meg, ezt már a felületén elterülő tengerek is lehetlenítik. De tudjuk, hogy Földünk legnagyobb körei úgy mint minden más kör 360 fokra osztatik, s azt is tudjuk, hogy ha Földünkön valamely délkör irányában éjszak vagy dél felé haladunk, a csillagok épen annyi fokkal emelkednek vagy süllyednek a láthatár fölé s alá, a hány foknyi utat tettünk. Az égi csillagok állásának, láthatár fölötti magasságának észlelése által minden helynek meghatározhatjuk földrajzi szélességét, azaz fokbeli távolságát az egyenlítőtől éjszakra vagy délre. Tehát meg tudhatjuk Földünknek egyes helyeinek micsoda szélességi vagyis egyenközü kör alatt fekszenek, s így meghatározhatjuk azt is, micsoda helyek fekszenek egymástól pl. $\frac{1}{2}$, 1, 2 stb. foknyi távolságra. Ilyen s több foknyi távolságot már megmérhetünk. Az ily méréseket *fokméréseknek* nevezik. Eddigelé, mint alább látni fogjuk, már számos fokmérést teljesítettek, melyekből kitetszik, hogy Földünkön egy-egy foknak $\frac{1}{15}$ -de átalánvéve 23,428 b. láb, vagyis 7420 meter. E hosszúságot *földrajzi mélyföldnek* nevezik. Tehát egy fokra 15 földrajzi mélyföldet vagyis 111,306

metert, azaz 111.3 kilométert számitanak. E szerint Földünk körülete $= 360 \times 15 = 5400$ földrajzi mfd.

Most már a többi mennyiségeket is könnyen kiszámíthatjuk.

Ugyanis a gömb körülete $\frac{314}{100}$ -szor nagyobb mint az átmérője, tehát

$$\text{Földünk átmérője} = 5400 \text{ osztva } \frac{314}{100} \text{-szel} = \frac{5400 \times 100}{314} = 1719 \frac{234}{314}.$$

kerék számmal 1719 mfd, félátmérője $859 \frac{1}{2}$ mfd.

A gömb felületének kiterjedése $=$ az átmérője szorozva a körületével, tehát Földünk felületének nagysága $5400 \times 1719 = 9.282,000$ □ mfd.

A gömb köbtartalma $=$ az átmérőjének $\frac{1}{6}$ -a szorozva felületének kiterjedésével, tehát Földünkönél $\frac{1719}{6} \times 9.282,000 = 2195.193,000$ köb mélyföld.

Alább a Föld valódi alakjának és nagyságának meghatározásáról még bővebben szólnunk. Itt egyelőre a közlött eredményekkel érhetjük be.

Földünk forgása az ő tengelye körül. Az I. szakaszban az éggömb látszatos mozgását s az ebből eredő jelenségeket írtuk le. Ott előadtuk, hogy az éggömb s vele együtt az égi testek látszólag a Föld körül futnak keletről nyugatra s körülbelöl 24 órában egy körfutást tesznek. Azonban ez csak látszat, mely onnan ered, hogy a Föld mozgása mintegy visszatükröződik az egen. Az égi jelenségek szabatosabb megfigyelése által arra a meggyőződésre kellett jutni, hogy a Föld forog s egyszersmind a Nap körül is kering. *Kopernikus Miklós* volt az első esillagász, ki a látszat által támasztott régi balítélet ellen kikelt, s *Kepler*, *Galilei*, *Newton*, *Euler*, *Laplace*, *Bessel* stb. a világegyetem mozgásainak rendszerét teljes biztossággal kutatták és fejtették ki. Most már mindenki hiszi és vallja, hogy a Föld mozog velünk együtt s mindenestül a mi rajta van, ánde ez igazság első hirdetőinek makacs előitéletekkel kellett küzködniök. Nemcsak a bibliára, hanem a józan észre s mindennapi tapasztalásra is hivatkoztak azok, kik, mint pl. *Riccioli* jezsuita, *Kopernikus* rendszerét megtámadák. Pedig mindenki tudja, hogy érzékeink arra nézve, hogy mi nyugszik s mi mozog, gyakran csalódhatnak.

Hogy Földünk a tengelye körül valóban forog, azt közvetett és közvetlen bizonyítékokkal lehet bebizonyítani.

A Hold hozzánk legközelebb eső égi test. Távolsága Földünk-

től körülbelöl 60-szor nagyobb, mint Földünk félátmérője. Ha tehát a Hold naponként egyszer keringne Földünk körül, 24 óra alatt 60-szor 5400, azaz 324,000 mfldet s egy másodperczen 90,000 lábat kellene megfutnia. Ez 60-szor nagyobb sebesség volna, mint a kilőtt puskagolyóé az első másodperczen.

A nap körülbelöl 20.000,000 mfldnyire van Földünktől, azaz 24,000-szer nagyobb távolságra, mint Földünk félátmérője. Ha tehát a Nap keringne a Föld körül, naponként 24,000-szer 5400 mfldet kellene megfutnia, s keringési sebessége 400-szor nagyobb volna mint a kilőtt puskagolyóé az első másodperczen.

Az állócsillagok távolsága a Földtől sok milliószor nagyobb, mint a Nap távolsága, tehát az állócsillagok keringési sebességének még annál is nagyobbnak kellene lennie, melylyel a fénysugarak terjednek el,*) ha azok a Föld körül naponként egyszer keringenének.

E közvetett bizonyítékok legalább hihetőbbé teszik azt, hogy a Föld forog, mint sem azt, hogy a csillagos ég jár a Föld körül.

De vajjon közvetlen kísérletek által lehet-e Földünk forgását behízonynitni? E kérdést 1679-ben a londoni tudós társaság a híres *Newton*hoz (olvasd: *Njutn*) intézé. Ha a Föld nyugatról keletre forog, válaszolá *Newton*, akkor kell, hogy tetemes magasságról szabadon eső test az ő leesési pontjának függélyes vonalától *keletre* eltérve érje a Földet; ellenben ha ez nem forog, a bármely magasságról eső test épen a leesési pont függélyes irányában fog a Földre esni. A leeső test eltérésének a függélyes iránytól az egyenlítő alatt legnagyobb-nak, a földszarkok közelében legkisebbnek kell lennie.

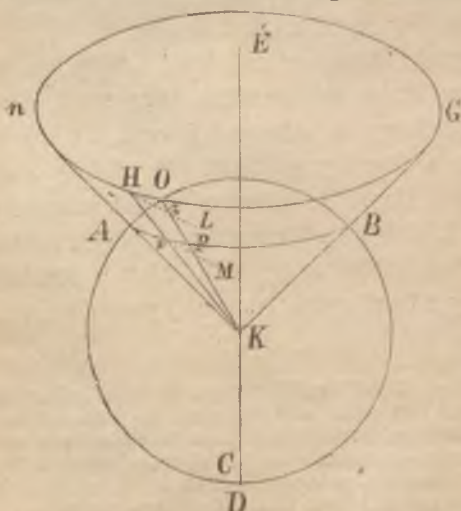
Hooke, a londoni társaság titkára e kísérletet Londonban sz. Pál templomában tevő meg, flnom selyemszálra függesztett ólomgolyót eresztvén le. De minthogy az ólomgolyó csak 27 lábnyi magasságról esett, eltérése a függély pontjától oly csekély volt, hogy észre sem lehetett venni. *Hooke* jelentésére *Newton* válaszolá, hogy sz. Pál temploma a kísérletre alkalmatlan, a golyót sokkal nagyobb magasságról kell leereszteni, az egyenlítő alatt is 300 lábnyi magasság kellene, hogy a leeső golyó 10 vonalnyira eltérjen a függély pontjától.

*) A Földhöz legközelebb levő állócsillag 220,000-szer távolabb esik, mint a Nap, tehát távolsága 4 billio 400,000 millió mfld; az erre következő legközelebbi állócsillag már mintegy háromszor távolabb esik, a többiek mind még sokkal távolabb vannak. A fénysugár egy másodperc idő alatt több mint 41,000 mfldet fut meg, és a Naptól a Földre $8\frac{1}{2}$ percnyi idő alatt ér. A legközelebbi állócsillagtól a Földre menő fénysugárnak több mint 3 évi időre van szükségé. Vannak állócsillagok, melyeknek fénye csak 9000 év alatt érhet a Földre!

Csak több mint 100 év múlva ismételték az esési kísérletet egy olasz mérnök, t. i. *Guglielmini* Bologna városában. Ő egy toronyban 241 lábnyi magasságról bocsátta le egy golyót. Ugy találta, hogy a golyó lebocsátási pontjának függélyétől 7 1/2 vonalnyira kelet felé s 5 vonalnyira dél felé esett a Földre. Az eltérés kivált déli irányban sokkal nagyobb volt, mint az elmélet szerint lennie kellett, alkalmasint a függély pontja nem volt helyesen meghatározva.

Végre 1802-ben *Benzenberg* tévé meg a kísérletet jobb sikerrel. Hamburgban sz. Mihály tornyában 235 lábnyi magasságról bocsátta le egy golyót. Az eltérés a függély pontjától kelet felé 4 s dél felé $1\frac{1}{2}$ vonalt tett. Benzenberg meggyőződött arról, hogy a templomok és tornyok nem alkalmasak az esési kísérletekre, mivel nem eléggé szilárdak, s legkisebb ingadozásuk is bizonytalanná teszi mind a piom irányának szabatos meghatározását, mind az esési kísérlet eredményét. Azért 1803-ban Mark grófságban *Schneebusch* nevű helységnél egy kőszénbánya 262 láb mély aknájában ismételték a kísérletet, s ez most fényesen sikerült. A leeső test keleti eltérése a függély pontjától 5 vonalt tett, déli eltérése felette csekély volt. 1832-ben *Reich* tanár Freibergben szintén egy aknában tette meg a kísérletet; az esési magasság 488 lábat tett. Reich 106-szor ismételte a kísérletet, s a leeső test az átlagos eredmény szerint $12\frac{3}{4}$ vonalnyira tért el a függély pontjától kelet felé; ez eltérés $\frac{2}{3}$ vonal hián megegyezett az elméletileg kiszámított eltéréssel.

Az esési kísérletek megértésére a következő idom szolgáljon.



18. idom.

Az *ABC* kör ábrázolja Földünket, mely *ED* tengely körül nyugatról keletre forog. Legyen *An* a Földünk *K* középpontjára irányzott függélyes, akkor felső pontja *n* a Föld forgása alatt *nHG*, alsó *A* pontja pedig *AFB* kört írja le. Ha most *H* pontból egy golyót bocsátunk le, akkor az a súlyerő működése nélkül *HL* érintőt követné,

ha pedig a Föld nem forogna és csakis a súlyerő hatna a golyóra, akkor a függély, HF , irányában esnék. De miután mind a súlyerő hat, mind pedig a Föld forog, azért a golyó sem L , sem F felé nem eshetik, hanem M pontra jut s így mind a súlyerő, mind az érintői erő hatásának megfelelőleg esik. Tehát a függélynek P pontjától keletre s egyszersmind kissé délre esik a Földre.

Picard francia tudós 1669-ben fokmérést hajta végre, s midőn erről a francia Akademiának jelentést tett, megjegyzé, hogy a Föld forgását a súlyerő szabatos meghatározása által lehetne hebizonyítani. Nézetét *Huygens* vizsgálódásaira alapítá, melyek szerint a Föld forgása által támadt röp-erő a középponttól mindenütt elhajt, még pedig annál erősebben nyilatkozik, minél távolabb esnek az illető pontok Földünk forgási tengelyétől. Ez a középponttól elhajtó erő (Centrifugalkraft), mely a középpont felé tartó súlyerővel ellenkezőleg hat, tehát az egyenlítő alatt, hol Földünk forgási sebessége legnagyobb, legerősebben hat s a súlyerőt leginkább csökkenti.

Az úgynevezett röp-erő tulajdonkép nem más, mint a testek azon tulajdonsága, hogy akár nyugvási akár mozgási állapotukat megtartani igyekeznek. A röp-erő annál nagyobb, minél nagyobb a test mozgása, azaz minél nagyobb a mozgásba tett anyag s minél nagyobb a mozgás sebessége.

Ha a Föld a tengelye körül forog, akkor minden pontja, s különösen felületének pontjai is körökben mozognak, melyek középpontjai a Föld tengelyében vannak. Természetes, hogy a Föld felületének pontjai által leírt körök egyenközi körök, s hogy ezek annál nagyobbak, minél közelebb esnek az egyenlítőhöz. Minthogy pedig minden pont ugyanegy időben, 24 óra alatt, egész körfutását megteszi, világos, hogy annál sebesebben kell mozognia, minél nagyobb a pályaköre, azaz minél közelebb esik az egyenlítőhöz. Ámde minden ponthan, midőn körben mozog, azon törekvés támad, az ő középpontjától eltávolodni, s ebbeli törekvése annál nagyobb, minél sebesebben mozog. Tehát a Föld felületével együtt forgó azon pontok (hármely tárgyak), melyek az egyenlítő alatt vannak, legnagyobb erővel igyekeznek a Föld középpontjától eltávozni, azaz röp-erejük legnagyobb, s ez épen egyenes irányban ellenkezőleg hat a Föld vonzási erejével, a súlyerővel, miértis ez az egyenlítő alatt leginkább kisebbítettik. Minden más pontján Földünk felületének a röp-erő kisebb mértékben s nem épen a súlyerő irányában

hat. S minél távolabb esnek a pontok az egyenlítőtől a földszarkok felé, annál kisebb sebességgel forognak, tehát annál kisebb a röperjük s ez annál eltérőbben hat a súlyerő irányától. A földszarkok alatt nincs forgás, ott tehát a röper-erő sem nyilatkozik.

Ebből következik, hogy Földünkön, ha ez csakugyan tengelye körül forog, a súlyerő a sarkok alatt legnagyobb s az egyenlítő felé mind kisebb. Ámde mikép határozhatjuk meg azt? Mérleggel nem lehet, mert a mérleg serpenyőjében tett súly, pl. font, Földünk egész felületén egyenlőnek mutatkozik, mert a font, a mérték maga ugyanazon változó befolyásnak van alávetve. *Picard* tehát a súlyerő meghatározására más eszközt ajánlott. Földünk vonzási erejének, vagyis a súlyerőnek nagyságát azon tér nagysága mutatja, melyet szabadon eső test bizonyos időben pl. egy másodperczen megfut. Ha Földünk forog, akkor a szabadon eső test pl. Pesten egy másodperc alatt nagyobb esést tesz, mint az egyenlítő alatt s kisebbet, mint a sarkok alatt. *Galilei* és *Huygens* megmutatták vala, hogy az egy másodperc alatt *egy lengést* végző inga hosszából számíthatjuk ki azon tér nagyságát, melyet az inga súlya szabadon esve az első másodperczen megfutna. Ezekre támaszkodva *Picard* indítványozá, hogy Földünk forgásának bebizonyítására pontosan járó inga-órával tétessenek kísérletek.

A párisi Akadémia *Richer*-t bizá meg az *ingakísérletek* megtételével. *Richer* 1672-ben Amerikába Cayenne-be utazék, s ott úgy találá, hogy az óra, mely Párisban igen pontosan járt, Cayenne-ben naponként $2\frac{1}{2}$ percczel késett, s az óra ingáját $1\frac{1}{3}$ vonallal meg kellett rövidítenie, hogy pontosan járjon. Midőn pedig Párisba visszatért, a megigazitott óra megint naponként két s $\frac{1}{2}$ percczel sietett, s az ingát ismét meg kellett hosszabbítania. E szerint a kísérlet igazolta *Picard* nézetét. De midőn pontos számítások által meghatározták, hogy mennyivel nagyobb a röper-erő Cayenneben mint Párisban, s e szerint azt is kiszámíták, a másodperc-ingának mennyivel kellene rövidebbnek lennie Cayenne-ben mint Párisban, úgy találták, hogy *Richer* kísérleteinek eredménye nagyobb röper-erőt tesz fel, vagyis hogy az ingát Cayenne ben kelletnél inkább kellett megrövidítenie. Most tehát azt kezdék gyanítani, hogy Földünk az egyenlítő táján fel van duzzadva, azaz hogy Földünk egyenlítői átmérője nagyobb, mint sarki átmérője, hogy tehát a súlyerő kisebbitéséhez az egyenlítő alatt a nagyobb röper-erőhöz még azon körülmény is járul, mely szerint az egyenlítő táján Földünk

felületének pontjai távolabb esnek a súlyerő széktől, a Föld közép-pontjától. Richer óta gyakran ismételték az inga-kísérleteket, még pedig nem annyira azért, hogy általuk Földünk forgását bizonyítsák, hanem inkább azért, hogy az eredményükből Földünk valószínű alakjára vonhassanak következtetést.

A legelmésebb s ugyyszólván legkézzelfoghatóbb bizonyítékot Földünk forgásának bizonyítására *Foucault* francia tudós kísérlete szolgáltatta.

Galilei és *Huygens* megállapították vala az inga lengéseinek törvényeit, *Foucault* a következő tételekkel toldá meg: A megindított inga nem változtatja meg lengési síkját, hanem mindig ugyanazon kör síkjában leng, még akkor is, ha a pont, melyen fel van függesztve, a függély iránya körül forgattatik, vagy lassan s egyenletesen akár felfelé emeltetik, akár vízszintesen egyik vagy másik oldalra húzatik. Sőt az inga lengési síkjának iránya még akkor is változatlanul ugyanaz marad, ha azon pont, melyen az inga függ, egy kör körületében forog. E tantétel *Foucault* kísérletének alapját teszi.

Képzeljük magunknak, hogy Földünknek egyik sarkán épített magas kupola alatt vagyunk. E kupola csúcspontja tehát Földünk tengelyének irányában volna. Ha már a kupola tetőpontjára egy golyót függesztenénk, ez a Föld sarkpontja fölött függne, s ha azután a szálon függő golyót vagyis ingát bármely irányban a sark fölött lengetnők, akkor a Föld forgása közben az inga felfüggesztési pontja csak egy helyben forogna. A felfüggesztési pont s az egész kupola a Földdel együtt forogna, de az inga lengési síkjának iránya változatlanul ugyanaz maradna s épen nem forogna körben. De minthogy a kupola forgását nem vennők észre, mivel vele együtt észrevétlenül magunk is forognánk, azért úgy tünnék fel nekünk, mintha az inga lengéseinek iránya változnék és forogna, még pedig a Föld és kupola forgásával ellenkezőleg. Ha tehát azt tapasztalnók, hogy az inga lengéseinek iránya úgy mint felfüggesztett órán a mutató jobbról balra, azaz keletről délen át nyugatra forogna, bizonyosak lehetnénk benne, hogy Földünk forog, még pedig nyugatról délen át keletre. Az inga lengései 24 órában látszólag egész kört futnának meg.

A Föld sarkpontjain még senkisésem volt, ott tehát a kísérletet még senkisésem tehette meg.

Képzeljük azért magunknak, hogy az egyenlítő alatt vagyunk, hova csakugyan elmehetnénk. Tegyük fel, hogy ott is magas kupola van, melynek belsejében egy ingát függesztünk fel. Az egyenlítőn a Föld tengelyével egyenközü világtengely a kupola vízszintes alapja irányába esnék, vagyis a kupola alapja a Föld tengelyével egyenközü volna. Ha tehát a Föld a tengelye körül forog, a kupola alapja a forgás közben is mindig egyenközü a Föld tengelyével. Az inga felfüggesztési pontja úgy mint a kupola alja folytonos s egyenletes mozgással változtatná meg helyét, de nem forogna a függély irányja körül, mert ez változtatlanul megtartaná helyzetét úgy mint a Föld tengelye, s a láthatár világtájai is változatlan helyzethen maradnának. Az inga szála tehát nem sodortatnék s a kupola sem forogna maga körül. Ha már a függő ingát lengésbe tennők, akkor nemcsak az tartaná meg lengési irányát, hanem felfüggesztési pontja, a kupola és alja is miudenestül ugyanazon változatlan irányban maradna. Azért az egyenlítő alatt az inga lengései nem tüntetnék fel a Föld forgását.

fektetett sík, melynek függélye MA , az A helynek láthatára, s ennek délvonala HAP , mely kellőn megnyújtatván, a Föld tengelyét P -ben metszi. Az $ABCDEF$ kör A helynek délköre. Ha ez így van, akkor az APM szöglet egyenlő AMB szöglettel, mert ez is, az is AMP szöglettel együtt egy derékszögletet, t. i. PMB szögletet képezi. Ha Földünk a tengelye körül forog, a délvonal AP része, mely az A észlelési hely s P mint a Földtengely metszési pontja között van, az APE egyenest álló kúpot írja le, melynek talpfelületét az A hely egyenközüje, t. i. O körül vont AGE kör, tengelyét pedig a Földtengely OP közötti része képezi. Képzeljük most, hogy A pont fölött egy kupola s belsejében felfüggesztett inga van. A kupola a Föld naponkénti forgása következtében annyit forog, mennyit A helynek PAH délvonala egy nap alatt forog. Ezt a mozgásba tett inga lengési síkjának látszatos forgása mutatja meg. AP délvonal 24 óra alatt egész forgást tesz PFC tengely körül, de ezen forgását nem sikon, hanem az $AGEP$ kúp görbe felületén teszi meg. Ha ezen kúp felületét lefejtve s egy síkon kiterjesztve képzeljük, akkor a következő idom által ábrázolt körkivágást kapunk, melynek ap sugara akkora, mint az AP kúp oldalának magassága, s az age ívnek hossza akkora, mint az AGE kör, mely A helynek egyenközü köre. Ebből következik, hogy az AP vonal 24 órai forgása csak akkora lehet, mekkora az azon körkivágásnak megfelelő ape szöglet. Ez középponti szöglet, már pedig tudjuk, hogy az ugyanazon kör középponti szögleteinek nagysága a



20. a) idom.

nekik megfelelő ívek nagyságától függ. Tehát az egész körnek középponti szöglete úgy viszonylik az ape szöglethez, mikép a kör egész körülete age ívhez. Ámde ez ív oly hosszú, mint az előbbi idomban O körül vont AGE kör körülete, tehát a teljes körforgás vagyis a 360° középponti szöglet úgy viszonylik az ape középponti szöglethez, mikép a 20-dik idomban p körül vont kör egész körülete az O körül vont kör körületéhez viszonylik. Különböző körök körületei úgy viszonylanak egymáshoz, miként az ő sugaraik, melyek az idomban AP és AO által jelöltetnek meg. Azért a következő egyenletet kapjuk: $360^\circ : ape = AP : AO$, azaz $ape = 360 \cdot \frac{AO}{AP}$ fok.

Minden derékszögletű háromszögben valamely hegyes szögletnek *színusa* alatt azon számot értjük, melyet nyerünk, ha az azon szöglettel átellenben levő szarát a derékszöglettel átellenben levő szarral megmérjük, felosztjuk. E szerint az előbbi formulát így fejezzük ki: $\text{ape} = 360$. *szinus* $AP O$. Láttuk már, hogy $AP O$ szöglet egyenlő AMB szöglettel, e szöglet nagyságát pedig AB ívvel mérjük meg, s ez iv A helynek földrajzi szélességét fejezi ki. Tehát *szinus* $AP O$ annyi, mint A hely földrajzi szélességének *színusa*. E szerint az inga lengési síkjának látszatos forgására nézve a következő szabályt állíthatjuk fel:

„Az inga lengési síkjának látszatos forgásának nagysága minden 24 órában Földünk egy megfordulása alatt a földfelület minden helyén 360-szor akkora, mint az illető hely földrajzi szélességének színusa.“

Pl. Páris földrajzi szélessége $48^{\circ} 50'$, tehát *színusa* 0.75248, ha ezt 360 fokkal szorozzuk, 271.008 fokot nyerünk, azaz Párisban az inga lengési síkjának látszatos körforgása 24 óra alatt 271.008, tehát egy-egy órában 11.292 fokot tesz. Londonban sz. Pál temploma $51^{\circ} 31'$ szélesség alatt fekszik, *színusa* 0.7935, ez sokszorozva 360 fokkal = 285.66 fok, tehát egy órára 11.9 fok esik.

Foucault 1851 óta kísérleteit elsöben egy pinczében, azután a párisi Observatoriumban, végre a párisi Pantheonban tette. Azután más tudósok más helyeken ismételték a kísérletet s mindenütt fényes sikerrel. Londonban és Párisban a kísérlet eredménye csaknem teljesen összевágott a számítás eredményével.

Foucault még más kísérlet által is tette szemléletessé a Föld forgását. Ha valamely test zavaró befolyás nélkül egy tengely körül forog, eunek állása változatlanul ugyanaz marad. Foucault oly készüléket gondolt ki, melynél fogva egy nehéz kerék sebesen forgattatik tengelye körül, a nélkül hogy a Föld vonzása s más körülmények zavarólag hatnának rája. Azt a készüléket *gyroscope*-nak nevezik. Ha ezt úgy állítják fel, hogy a tengely bizonyos csillag felé mutat, s a kerék forgásba tétetik, a tengely folyvást ugyanazon csillag felé mutat, tehát a csillagra nézve nem változtatja meg helyzetét, de a környező földi tárgyakra nézve megváltoztatja irányát és állását, még pedig épen oly mértékben, mint az a Föld forgásának megfelelő. Ha a Föld nem forogna, a gyroscope tengelye a földi tárgyakra nézve is úgy, mint a csillagra nézve változatlan irányban maradna.

Továbbá a Földnek tengelye körüli forgását az *alakja* s a *levegő és tengerek áramlásai* is bizonyítják.

Hogy Földünk nem tökéletes gömb, hanem az egyenlítő alatt fel van duzzadva s a sarkok alatt le van lapulva, azt csak onnan magyarázhatjuk meg, hogy már akkor is tengelye körül forgott, mikor kérge s egész tömege még alakítható, légnemű vagy izzón-folyó állapotban volt.

A Nap, mint már említettük, a földet, vizet és levegőt a forró övben melegíti meg leginkább. Legnagyobb meleget mindentűtt a mélyebben fekvő vidékeken s a levegőnek alsó, a Föld feltü-létéhez legközelebb eső rétegeiben fejt ki. Fölfelé a levegő minde-ntűtt hidegebb, s minél nagyobb magasságra emelkedünk, annál nagyobb hideget találunk, úgy hogy az igen magas hegyek a forró övben is örök hóval és jéggel vannak fedve.

A meleg levegő mindig és mindentűtt aránylag könnyebb és ritkább mint a hideg, mert a hőség különösen a levegőt nagy mér-tékben terjeszti ki. A hideg s ennél fogva nehezebb és tömöttebb levegő tehát nagyobb nyomást gyakorol, mint a meleg levegő; ez felfelé száll, s helyébe a hidegebb tódul.

Ha a Föld nem forogna, a forró öv alatt erősen melegített levegő felfelé szállna s a magas vidékeken lassankint meghűlvén a két sark felé ömlenék. Útjában a sarkvidékek felől jövő hideg leve-gővel találkozának, mely egyenest az egyenlítő vidékei felé tódulna, hogy a felszállt levegő helyét kipótolja. Ekkép két fő légáramlás támadna. Az *egyenlítővidéki légáramlás* a magasban járva éjszakra és délre a két sark felé tartana, a *sarkvidéki légáramlás* pedig ellen-kezőleg alant a földön járva az éjszaki félgömbön éjszokról délre, a déli félgömbön pedig délről éjszakra az egyenlítő felé tartana. A két légáramlás következtében folytonos és szabályos légkeringés támadna Földünkön. A tapasztalás csakugyan bizonyítja is, hogy két ily légáramlás van, t. i. az *egyenlítői*, melyet, mivel rendszeren magasan jár, *felső passzát*-nak neveznek. s a *sarkvidéki*, mely az *alsó passzát*. Ámde a két légáramlás iránya nem olyan, mint volna, ha a Föld nem forogna. A sarkvidéki levegő természetesen azon forgási sebességgel bír, melylyel a vidék, melyből kiindult; az egyenlítő felé tartó útjában tehát oly vidékekre jut, melyek forgási sebessége nagyobb és nagyobb. A Föld nyugatról keletre forog, a nagyobb forgási sebességgel bíró helyek tehát *kelet* felé előzik meg a légáramlást, a szelet; ez *nyugat* felé marad el, s minél közelebb

jut az egyenlítőhöz, annál inkább, tehát nem éjszaktól délre, hanem *éjszakkeltől* délnyugatra, sőt végre majdnem egészen *keletről* nyugatra fű. A déli félgömbön ugyanazon okból a sarkvidéki légáramlás *délkeleti passzáttá* válik az egyenlítő vidékein. A tapasztalás bizonyítja, hogy az egyenlítő éjszaki oldalán az éjszakkelti, déli oldalán pedig a délkeleti passzát uralkodik, s a hajósok utazásait előmozdítja Európából és Afrikából Amerikába, Amerikából pedig Ausztráliába és Ázsiába. — A két sark felé irányzott egyenlítői légáramlás ellenben nagyobb forgási sebességgel bír, mint azon vidékek, hova jut, tehát ezeket *kelet* felé előzi meg s ennél fogva az éjszaki félgömbön *délnyugati*, a déli félgömbön pedig *éjszaknyugati* szélle válik. Hogy ez csakugyan így van, szintén a tapasztalás bizonyítja. Ha tehát a légáramlások eredeti irányaikból ekkép eltérítetnek, kell, hogy a Föld forogjon tengelye körül. Még a változó helyi szelek járásában is bizonyos szabályosság mutatkozik, melyet csak a Föld forgásából magyarázhatunk ki magunknak.

A tengerek vizei bizonyos folyásokat, *áramlásokat* mutatnak, melyek oly folytonosak és szabályosak, mint a levegőnek nagy áramlásai. Az egyenlítő két oldalán az Atlanti és Csendes világ tengerek áramlása, az úgynevezett egyenlítői áramlás keletről nyugatra tart, tehát a Hold és Nap látszatos napi körfutását követi. A Nap által okozott elpárolgás kétségkívül előmozdítja azon áramlást, valamint az alsó passzátszelek is. De fő oka mégis a Föld forgásában keresendő. Ez különösen a következőkből tetszik ki. A tengerek egyenlítői áramlása több helyütt az útjában álló szárazföldek által elhajlítottatik irányából. Így az Atlanti tenger egyenlítői áramlása Brazília partjain akad meg, déli Amerika legkeletibb sarkánál, St. Roque fokhegyénél Pernambuco közelében két ágra szakasztatik; egyik ága délnyugatra fordul s Dél-Amerika partjainak mentén halad el, másik ága pedig éjszaknyugatra tart s a Karajbi és Mejikói tengerbe ömlik. A délnyugati ág odább délre jutván, Amerika partjait elhagyja s mind inkább kelet felé igyekszik, úgy hogy a hajósok, kik Dél-Amerikát ohajtják megkerülni, gyakran nagyon messzire vitetnek kelet felé, s azért nem követik; ellenben azok, kik Afrikát akarják megkerülni, azon déli összekötő áramlást keresik fel, mert ez legbiztosabban vezetni céljok felé. Hogy a Dél-Amerika partjai mentén elsőben délnyugati irányt vevő áramlás utóbb kelet felé fordul, az csak a Föld forgásának tulajdo-

nitandó, mert dél felé tartva nagyobb forgási sebességgel bír, mint a vidékek, melyekbe jut s azért kelet felé hajlik.

Az áramlás azon ága, mely a Mejikói tengeröbölbe tódul, a partok görbülete s az útjában álló szigetek miatt különböző irányokat kénytelen követni, s végre Yukatan, Kuba és Florida között keskeny tengernyíláson áttörvén, mint *Öbli áramlás* (Golfstrom) megint az Atlanti tengerbe jut. Florida körül majdnem egyenest éjszakra tart, de azután mind inkább kelet felé igyekszik s éjszakeleti irányban előhaladva Európa nyugati partvidékeit éri el, azután Norvégia és Iszland, továbbá Spitzberga és Novaja-Zemla között a fagyos Sarki tengerbe jut s még ennek vizeit is melengeti. Éjszakeleti irányát szintén a Föld forgásának köszönheti.

A Csendes világtenger nagy egyenlítői áramlása Ázsia keleti partjain akad meg és szintén több ágra oszlik. Egyik ága éjszakeletre fordul s a Japani szigetek partjai előtt mint *Japani áramlás* vagyis *Kuro-Szivo* (= sötét vízfolyam) az Öbli áramláshoz hasonlóan éjszakeletre tart éjszaki Amerika felé, hol az éjszokról jövő sarki áramlással találkozván, délre fordul s ismét az egyenlítői áramlással egyesül. A tengerek többi áramlásainál is többé-kevésbé világosan kimutatható a Föld forgásának befolyása. Tehát a tengerek nagy áramlásai is úgy mint a levegő áramlásai bizonyítják, hogy a Föld forog.

De vannak még más bizonyítékok, melyeket szintén meg kell említenünk.

A nagy *folyókat* illetőleg azt tapasztalták, hogy azok, melyek az éjszaki félgömbön túlnyomólag délről éjszakra vagy megfordítva éjszokról délre mennek, rendesen s egészben véve jobb partjuk felé törekszenek, azt jobban mossák, mint balpartjokat. Ezt is a Föld forgása okozza. Pl. a Missziszippit Éjszakamerikában, a Nilust Éjszakaafrikában, a szibériai folyamokat orosz Ázsiában említhetjük meg. A folyamok vizei úgy mint minden, mi a Földön van, ezzel együtt forognak, s egy ideig megtartják azt a forgási sebességet, melyet kiindulási helyükön nyertek. A Missziszippit éjszokról délre folyván, úgy mint a Duna Vácztól a Dráva torkolataig, lassabban forgó vidékekről sebesebben forgó vidékekre jut, tehát vize a keletnek irányzott forgásban nyugat felé elmarad s nyugati, azaz jobb partjához csapkodik. A Nilus délről éjszakra folyván, sebesebben forgó vidékekről lassabban forgó vidékekre jut, vize tehát nagyobb sebességgel kelet felé törekszik s így szintén jobb partját mossa. Ugyanez áll a szibériai nagy folyamokról,

A déli félgömbön az éjszokról, az egyenlítő felől délre a sarkok felé tartó folyamok keletnek irányzott sebesebb forgással jutnak lassúbb folyású vidékekre, tehát keleti, azaz balpartjokat mossák.

A *vasutakon* is észrevették nyomait Földünk forgása hatása. Ha t. i. az északi félgömbön a dél-északi irányban terjedő vasutakon éjszokról délre gyorsan járnak, a vonatok jobb felé törekszenek a sínekből kiszökni, s általában a sínek jobb oldalát erősebben koptatják. Tegyük pl., hogy valamely vasút az északi szélesség 52. fokától éjszakra terjed, s hogy e vasúton valamely vonat 20 perc alatt 2 mfdet halad. A Föld forgási sebessége az 52-dik fok alatt egy órában 138.⁵¹, odább éjszakra 2 mfdnyire 137.⁰⁶ mfd. Tehát az a vonat, mely az 52-dik fokú szélesség alatt fekvő helyből kiindul, 20 perc alatt oly vidékre jut, melynek forgási sebessége óránként 0.45 mfdel, vagyis 10,800 lábbal, percenkint 180 lábbal s másodpercenként 3 lábbal kisebb. E szerint ha a mozdony sebessége egy órában 6 mfd s egy másodperczben 40 láb, a vonat minden 40 láb hosszú pályáján 3 lábnyira törekszik kelet felé eltérni.

Ujabb időben úgy vélték, a nagy távolságra északi vagy déli irányban kilőtt *ágyúgolyók eltérései* a czéltől szintén bizonyítékot szolgáltathatnak Földünk forgására. Azonban ha az ágyúgolyó egy másodperc alatt egész mfdet futna is, a Föld forgása csak 1½ lábnyi eltérést okozhatna. S ha a golyó oly erővel lövetnék ki, hogy 6 másodperczig röpködne, még akkor is a Föld forgása által okozott eltérés csak 9 lábat tenne. Már pedig a tett kísérletekből kitűnt, hogy igen ritkán sikerül a czélpontot 15 lábnyira is megközelíteni, mikor nagy távolságra lönek.

Földünk forgásának következményei. Az előbbi szakaszban fejtegetett bizonyítékokból tehát meggyőződhetünk arról, hogy Földünk valósággal forog a tengelye körül, s hogy az éggömb, a Nap, Hold és csillagok naponkénti forgása csak látszat, csalódás. Földünk az éggömb látszatos forgásával ellenkezőleg nyugatról keletre forog, tehát perczről perczre más-más részét fordítja a Nap felé; mindig csak egyik fele van megvilágítva, míg másik fele sötétségben, álomban van. Földünk forgásának fő eredményei ezek:

1) Tengelye, mely nem egyéb mint képzelt matematikai vonal, nem forog, mert körülte történik a forgás. A tengelynek végei, a Földnek sarkpontjai, mint matematikai pontok, szintén nem forognak.

2) Minden más pontja a Föld felületének 24 órában egy forgást tesz, tehát kört ír le, mely a két sarkponttól egyenlő távolságra eső egyenlítővel egyenküzi s melynek középpontja a Föld tengelyébe esik. Minél távolabb vannak ez egyenküzi körök az egyenlítőtől, annál kisebb a körületök.

3) Az egyenlítő alatt bármely pont (tárgy) 24 óra alatt a legnagyobb kört futja meg, tehát forgási sebessége legnagyobb. Földünk felületén bármely pontjainak forgási sebessége az illető egyenküzi kör körületének nagyságától vagyis azon kör sugarának hosszától függ.

Az egyenlítői pontok 24 óra alatt 5400 mfdnyi utat futnak meg, mert az egyenlítő körületének nagysága 5400 mfd. Tehát egy

órára $\frac{5400}{24} = 225$ mfd, egy perczre $3\frac{3}{4}$ mfd, egy másodperczre

1500 láb esik. Az egyenlítőtől éjszakra és délre egyaránt fogy a forgási sebesség. Kerék számokban kifejezve s az egyenlítői pontok forgási sebességét 1000-re tevén, 10 fokról 10 fokra következő módon fogy a forgási sebesség :

Földirati szélesség	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Forgási sebesség	1000	985	940	866	766	643	500	342	174	0
Sebességi különbség		15	45	74	100	123	143	158	168	174

4) Miként a forgási sebesség, úgy az ebből származó röp-crő is az egyenlítő alatt legnagyobb, a sarkok felé mind kisebb. Azért megfordítva a súlyerő az egyenlítő alatt legkisebb, a sarkok alatt legnagyobb, tehát az egy másodpercz alatt egy lengést tevő másodpercz inga az egyenlítő alatt legrövidebb, a sarkok alatt leghosszabb.

5) A Föld forgása miatt tulajdonitunk az éggömbnek tengelyt, sarkpontokat, egyenlítőt s egyenküzi köröket, s mindezeket a Földre is alkalmazzuk.

6) Az éggömb sarkai és egyenlítője látszólag nem változtatják meg helyzetüket, miből következik, hogy Földünk tengelye az éggömbnek mindig ugyanazon pontjai felé van irányozva, s állását és helyzetét nem változtatja még. Alább látni fogjuk, hogy ez szorosan véve nem áll egészen.

7) A Föld egyenlítője s minden egyenküzi köre, úgy mint általában minden kör, 360 fokra osztatik, s minthogy Földünk forgása egyenletes mozgással történik, azért az egyenlítőtől és minden egyenküzi körből minden órára

$\frac{360}{24} = 15$ foknyi forgás esik.

8) Az egyenlítő s minden egyenközi kör minden pontján s nevezetesen minden fokán keresztül menő kört képzelhetünk, melyek tehát az északi és déli sarkon is átmennek. Az egyik sarktól a másikig érő ívek félkörök, ezek *Földünk délkörei*, melyeknek síkjai az éggömbig megnyújtván, az *éggömb délköreit* szolgáltatják. A mely helyek Földünkön ugyanazon délkör alatt fekszenek, azok egymástól egyenesen délre és éjszakra vannak, s ugyanazon időben van délök. Mivel Földünk látszólag nem forog, lakóhelyünk délköre sem látszik helyét megváltoztatni. Ellenben az éggömb és délkörei, úgy látszik, keletről nyugatra forognak, s tehát minden nap 24 órában a mi földi délkörünkön uennek keresztül. A mely égi délkör vagy égi test hamarabb megy keresztül a földi délkörünkön, az odább nyugatra esik, mint más égi délkör vagy égi test, mely később jut földi délkörünkbe.

Az időnek meghatározása. Földünk tengely körüli forgása folytonos és általán vére változatlan sebességű, azért minden más mozgás meghatározására és megítélésére szolgálhat. Ha azt más mozgások meghatározására, megmérésére használjuk, *időnek* nevezzük. Az idő, mely alatt Földünk egyszer fordul meg tengelye körül, a *napig* vagyis a *nap*, melyet 24 órára osztunk. Az órák eredetileg úgy voltak szerkesztve, hogy mutatójuk egyenletes mozgással 24 óra alatt egyszer ment körül a számlapon. Olaszországban még most is vannak néhol ily órák. Az időt ott naplementétől kezdik számítani s egyik naplementétől a másikig 24 órát számítanak, úgy hogy a dél nagyon különböző órákra, a 16-dik, 17-dik, 18-dik stb. órára esik, minthogy a Nap különböző időben száll le. A *csillagászati órák* is úgy vannak szerkesztve, hogy egymásután 24 órát mutatnak, de az időt mindig az illető hely delétől kezdik számítani. Az úgynevezett *polgári*, azaz *közönséges órákon* az óramutató 24 óra alatt kétszer futja meg a kört, tehát mindenik körfutására egy fél-nap esik, s az idő nem déltől, hanem éjféltől kezdve számíttatik. Tehát a polgári vagyis közönséges számítás szerint a napok éjféltől végződnek és kezdődnek, midőn az égi Nap látszatos körfutásában az illető helyre nézve legmélyebben áll a láthatár alatt. A csillagászati napok mindig 12 órával később kezdődnek. E szerint az óraszámítás ugyan a közönséges és csillagászati órákon déltől éjfélig egyforma, éjféltől délig pedig a csillagászati órák mindig 12 órával többet mutatnak, mint a közönséges órák, de a napok száma egygyel kisebb. Ha pl. a csillagász vonatkozással a csillagászati órára



jelenti, hogy valamely égi jelenség november 14-kén 20 óra 46 perczkor lesz, ez a közönséges óra- és időszámítás szerint azt teszi, hogy az érintett jelenség november 15-kén reggeli 8 óra 46 perczkor fog beállni.

Továbbá a csillagászok a napság hosszát úgy határozzák meg, hogy valamely állócsillagot figyelnek meg, s pontosan meghatározzák, mikor lép be a délkör síkjába. A csillagászati nap mindig egyenlő hosszúságú, mert az azon időköz, mely valamely állócsillagnak egymásután következő kétszeri delelése között telik le. Ez tehát az az időköz, mely alatt Földünk egyszer fordul meg tengelye körül.

A csillagászati órák a csillagok látszatos járása szerint vannak igazítva. Ha a csillagokat hosszabb ideig megfigyeljük, csakhamar azt vesszük észre, hogy egy és ugyanaz a csillag a napságnak különböző idején delel, azaz jut az észlelő helyének délkörébe. Azért a csillagidőhöz nem alkalmazkodhatik az élet. Ennek foglalatosságai a Nap látszatos járásától függnék, az élet a Nap járásához, a napszaka és éjszaka, a reggel és este váltakozásához alkalmazkodik. Azért a közönséges életben a napok hosszát az égi Napnak látszatos járása szerint határozzák meg, vagyis közönséges napnak azt az időközt veszik, mely letelik, míg a Nap jut középpontjával kétszer egymásután a délkörbe. Minthogy pedig a Nap nemcsak Földünk körül keringeni, hanem még más, kelet felé irányzott, mozgást is látszik tenni, azért két delelése között mintegy 4 percznyivel nagyobb időköz telik le, mint az állócsillagok két delelése között. Továbbá az égi Nap két delelése közöttt elmúló időköz nem egészen egyenlő és változatlan, hanem némi kis ingadozást mutat, hol valamivel nagyobb, hol valamivel kisebb. Általán véve télben és nyáron valamivel hosszabb, tavasszal és őssze valamivel rövidebb időköz múlik el a Napnak két delelése között. Fl. novemberben a Nap delelése egy negyed órával áll be hamarabb, mint december 20-kán, februarban pedig egy negyed órával később delel, mint aprilban vagy junius közepén.

A csillagi napok egyenlők, tehát számukra jól járó inga-órát e tekintetben könnyű volt szerkeszteni. De a közönséges napok változásához alkalmazott órát bajos volt szerkeszteni. E bajon úgy segítettek, hogy az égi Napnak látszatos körfutásainak hosszát az egész évre nézve számították ki, s azután az egyes napságok idejét ekkép *egyenlítő* tették ki, hogy az átlagos közép-időt vették alapul. Ez

az égi Nap látszatos körfutása szerint kiszámított *átlugos polgári napság* 3 perczcel és 56.4 másodperczcel hosszabb, mint a *csillagi napság*, vagyis mint Földünk egyszeri megfordulásának ideje. Alább erről még részletesebben.

A földrajzi hosszúság. Már régen tudták, hogy az ázsiai népek hamarabb látják felkelni a Napot, Holdat és csillagokat, mint az európai népek, s ezek közül is azok, kik Ázsiához közelebb, azaz odább keletre laknak, hamarabb látják az égi testeket felkelni, mint azok, kik odább nyugatra vannak. Azt az égi jelenségek beállásának idejéből következtették már akkor is, midőn az időt még csak nap-, víz- és homokórákkal mérték meg. Most egyenletesen és jól járó óráink vannak, s ezek segítségével könnyen határozhatjuk meg a különböző helyek fekvését nyugat vagy kelet felé. Ha pl. jól járó órával Bécsbe utazunk, azt fogjuk tapasztalni, hogy a pesti idő szerint járó óránk a bécsi órákhoz képest több mint 10 perczcel siet, s ebből következtetnünk kell, hogy Pesten annnyival előbb van dél, mint Bécsben, vagyis hogy Bécs Pesttől *nyugatra* esik. Ha ellenben pesti óráinkkal pl. Brassóba utazunk, azt tapasztaljuk, hogy a mi óránk a brassói órákhoz képest több mint 25 perczcel késik, hogy tehát Brassónak annnyival előbb van dele mint Pestnek, vagyis hogy Brassó *keletre* esik Pesttől.

Régóta s igen sokszor tett mérésekből kitént, hogyha bármely helyből kiindulva egyenest nyugatra vagy keletre utazunk, az illető délvonal ugyanazon arányban nyugatra vagy keletre fordul, úgy hogy egyenlő úti távolságokra egyenlő időkülönbségek s egyenlő időkülönbségekre egyenlő úti távolságok esnek. Ha Pestről kiindulva nyugat felé utazunk, körülbelül minden 10 mföldnyi út után 4 percznyi időkülönbséget találunk, tehát Pestről nyugat felé menve azt találjuk, hogy minden 10 mföldnyi távolságban a dél 4 perczcel később áll be. Dél mindentűtt akkor van, mikor a Nap az illető hely délkörének síkjába jut, midőn tehát a Nap látszatos körfutásában a Földet megkerüli, mindig új meg új délkörbe jut, míg nem mindnyáján áthalad. Tehát 24 óra alatt 360 fokon halad keresztül, s így minden órára 15 fok, minden idő-perczre 15 ívbéli percz, s egy-egy idő-másodperczre 15 ívbéli másodpercz jut. E szerint 4 idő perczre épen egy foknyi forgás esik. Ha ezt a Pestről való nyugati utazásra alkalmazzuk, úgy találjuk, hogy a délköri sík körülbelül minden 10 mföldnyi távolságra 1 fokkal forog.

A délköri síknak szögbeli vagyis ívbéli forgása egyenlő idő-

közökben az egész Földön egyenlő, azaz 4 időperczre mindenütt egy fok, s egy órára mindenütt 15 fok forgás esik. De a mélyföldbeli távolságok nem egyenlők, mert a Föld nem henger-, hanem gömbalakú, tehát az egyenlítőtől kezdve éjszak és dél felé mind kisebbek az egyenközü körök.

Tudjuk már, hogy a helyek fekvését, mely az egyenközü körök által van megjelölve, s mely szerint az egyenlítőtől éjszakra vagy délre vannak, *földrajzi szélességnek* nevezik. Minden helynek egyenközü köre egyenlő az ő földrajzi szélességével vagyis sarki magasságával. Ellenben a helyek délkörei azoknak *földrajzi hosszúság* it jelölik meg, mert földrajzi hosszúság alatt a helyek keleti vagy nyugati irányban való fekvését értjük. Valamely hely fekvését Földünkön csak akkor ismerjük teljesen, ha mind *földrajzi szélességét*, mind *földrajzi hosszúságát* tudjuk, azaz ha tudjuk, micsoda egyenközü s micsoda délkör alatt fekszik hely. Az illető egyenközü és délkör szegése mutatja a hely fekvését.

Hogy az egyes helyek illető délköreit számokkal jelölhessük meg, azaz hogy meghatározhassuk, egyik vagy másik helynek délköre más helyek délköreitől hány foknyira esik nyugatra vagy keletre, szükséges, hogy bizonyos helynek délkörét *elsőnek* vegyük, melytől kezdve a többi helyek délköreinek fokait számítjuk. Már a régi korban azt a délkört vették elsőnek, mely Afrika nyugati partjai előtt levő *Kanári szigetsoporton* (Boldog szigetek) vonul át.

XIII. Lajos francia király 1634-ben rendelé, hogy a francziák azt a délkört tekintsék elsőnek, mely a *Kanári szigetsoporthoz* tartozó *Ferro* szigetének nyugati pontját érinti. Valóságos és pontos mérések által legelsőben a *párisi* Observatorium délköre határozott meg, s a francziák azóta ezt veszik elsőnek. Most azt a délkört, mely a párisitól épen 20 foknyira esik nyugat felé, *ferrói délkörnek* nevezik, noha nem érinti Ferro szigetét, hanem ettől körülbelöl 23 percznyire keletre esik. A németek rendszeren a ferrói délkört veszik elsőnek. Az angolok ellenben a London melletti *Greenwich*-ben (olv. Grinics) levő Observatorium délkörét veszik elsőnek, ez a párisitól $2^{\circ} 20' 9''$ nyugatra, tehát a ferróitól $17^{\circ} 39' 51''$ keletre esik. Az északamerikaiak a washingtoni délkört veszik elsőnek, ez a párisitól $79^{\circ} 22' 24''$ tehát a ferróitól $59^{\circ} 22' 24''$ nyugatra esik.

A földképeken nemcsak az első délkörre, hanem arra nézve is van eltérés, hogy némelyeken a délkörök fokai az elsőtől kezdve folyvást egy irányban, t. i. keletre az egész földgömb körül, más

földképeken pedig a hosszúsági fokok az első délkörtől 180-ig nyugatra, s ismét 180-ig keletre vannak számítva. Ha az utóbbi mód alkalmaztatik, meg kell mondani, vajjon *keleti* vagy *nyugati* hosszúság értendő-e? Természetes, hogy csak az egész Földet ábrázoló földtekéken és földképeken fordulhat elő az összes 360 fok, melyek tehát vagy egy folytában vagy két felé osztva számíttatnak. Világos, hogy pl. a Ferrótól nyugatra való 180. fok összeesik a Ferrótól keletre levő 180. fokkal. A két felé számítást könnyű egymással egyeztetni. Pl. Páristól keletre 260. fok = Páristól nyugatra 100. fok. stb.

Mikép lehet a helyek földrajzi szélességét és hosszúságát meghatározni, azt alább adjuk elő. Itt meg kell még jegyeztnünk, hogy a szélességi fokok a *délkörök*, földtekén az *első délkör*, a hosszúsági fokok pedig az *egyenközű körök*, földtekén az *egyenlítő* mentén számíttatnak és jegyeztetnek meg, miért is azokat *délköri*, ezeket *egyenközűi fokoknak* is nevezik. Ha a hosszúságot két irányban számítják, + jel a *keleti*, — pedig *nyugati* hosszúságot fejezi ki.

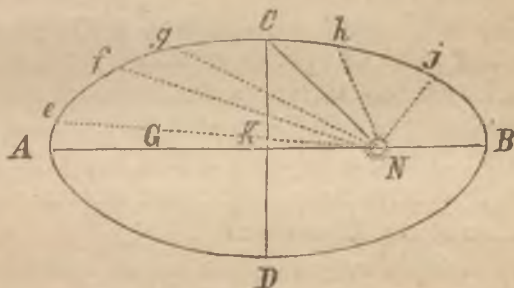
Földünk keringése a Nap körül. Említettük (lásd a 25. lapot), hogy a Nap látszólag a többi égi testekkel együtt a Föld körül naponként jár s azon kívül még más mozgást is tesz keletről nyugatra, úgy hogy ezen másik mozgásánál fogva egy esztendő alatt végzi körfutását az egen. Valamint naponkénti járása a Föld körül, úgy évi körfutása is csak látszat, csalódás; az évi mozgást is a mi Földünk teszi, s ezen mozgása is visszatükröződik az egen, a Nap látszatos mozgásában.

Nem a Nap kering a Föld körül, hanem megfordítva a Föld kering a Nap körül Földünk keringési útját körülbelül $365\frac{1}{4}$ nap, azaz egy esztendő alatt futja meg. Keringési útja az állatörvnek nevezett csillagzatok előtt vonul el; az ugynevezett *ekliptika*, azaz fogyatkozási kör látszólag a Napnak, valóságban pedig a Földnek pályája. Az állatörvhez tartozó állócsillagok sokkal nagyobb távolságban vannak a Földtől, mint a bolygók és a Nap; azért a Nap, Hold és bolygók látszólag az állócsillagok előtt vonulnak el. Földünk szintén nyugatról keletre menve kering a Nap körül s azon rendben halad át az állatkör csillagzatain, jegyein, mint ezeket (l. 39. lapot) elősoroltuk. Mikor a Napról nézve a Föld pl. a *Mérleg* mellett látszanék, akkor a Napot a Mérleggel éppen átellenben levő *Kos* jegyben látjuk. Mig tehát a Föld a Mérleg, Skorpió, Nyilas jegyeken halad át, addig a Nap látszólag a Kos, Bika és Iker jegyek előtt

vonul el. A Nap állásából tudhatjuk meg csak, hol van a mi Földünk az ő keringési pályáján. T. i. Földünk mindig 180 foknyira van keringési pályájának azon pontjától, melyben a Napot látjuk.

Földünk keringési pályája nem tökéletes kör, hanem kerütlék (ellipszis) s a Nap nem ennek középpontjában, hanem egyik gyűpontjában áll. Ha Földünk keringési pályája tökéletes kör volna, a Nap okvetlenül annak középpontjában állana, tehát a Földünk és Nap közötti távolság mindig egyenlő, ugyanaz volna. Ez azonban nincs úgy, mert a Nap tányérának látszatos nagysága az év folyamában változik, egyik félévben valamivel nagyobbnak látszik, mint a másikban; ennek oka pedig csak az lehet, hogy Földünknek a Naptól való távolsága is változik az év folyamában. Ha a Nap tányéra átmérőjének két ellenkező végpontját a szemünkből vont két egyenes vonallal összekötjük, ezek szemünkben szögletet képeznek; ez a *látszögle*t, melytől a Nap látszatos nagysága függ. E látszöglet a különböző évszakokban különböző, tehát a Nap látszatos nagysága is különböző; következöleg Földünk egyik évszakban közelebb, másik évszakban távolabbb esik a Naptól.

Ez idom nagyon kinyújtott kerületet mutat, melynek középkiülsége igen nagy, sokkal nagyobb mint a Föld pályájáé, melyet kicsinyben rajzolva a körtől nem különböztethetünk meg. *AB*, mint tud-



20. b) idom.

juk, a nagy tengely, *CD* a kis tengely, *G* és *N* a gyűpontok, *K* a középpont. A Nap tehát nem a középpontban, hanem *N* gyűpontban áll; e szerint a Föld *B* pontban legközelebb, *A* pontban pedig legtávolabb van a Naptól. *B* pont azért *napköz*elnek (Perihelium), *A* pont pedig *nap*távolnak (Aphelium) neveztetik. A különbség a valóságban sokkal kisebb, mint az idom mutatja, *NB* a valóságban körülbelöl csak $\frac{1}{30}$ -ddal kisebb mint *NA*. Vagyis a földpálya középkiülsége körülbelöl $\frac{1}{1000}$ részét teszi csak a nagy tengely hosszának.

Mintthogy Földünk távolsága a Naptól az évszakok szerint némileg változik, azért keringési sebessége sem egyenlő az egész

évben. Minél közelebb esik Földünk a Naphoz, annál sebesebben kering. Mikor a napközelen van, aránylag legsebesebben, mikor pedig a naptávolban van, aránylag leglassabban kering. Láttuk hogy a legkisebb és legnagyobb távolság közötti különbség aránylag csekély, azért Földünk keringési sebessége sem változik uagyon, mégis Földünk keringési pályájának egyik felét körülbelöl 7 nappal hamarabb futja meg, mint másik felét. Az éjszaki félgömb nyári félélve az évnek azon részébe esik, melyben a Föld pályájának távolabbi részét futja meg, azért a nyári félév az éjszaki félgömbön körülbelöl 7 nappal tovább tart, mint a déli félgömbön. Ugyanis az éjszaki félgömbön tart

az ősz szept. 23-kától decz. 21-kéig	=	89 nap 17 óra,
a tél		89 » 1 »
a téli félév		178 » 18 »
a tavasz		92 » 22 »
a nyár		93 » 12 »
a nyári félév		186 » 10 »

Mínthogy a Föld átlagos távolsága a Naptól kerék számmal 20 millió mfd, azért a keringési pályájának átmérője $2 \times 20 = 40$ millió mfd, tehát a pályájának nagysága, körülete $= 3.14 \times 40 = 126$ millió mfd (kerék számmal). E pályát a Föld 365 nap 5 óra 48 elsőpercz 45 másodpercz alatt futja meg, tehát keringési sebessége átlagosan egy másodpercz alatt körülbelöl 4 mfd, vagyis 30 kilometer. Midőn e szerint a Föld a Nap körül kering s egyszersmind tengelye körül forog, felületének minden pontja mintegy esigavonalban mozog folytonosan.

Láttuk, hogy Földünk forgási sebessége az egyenlítő alatt másodperczenként 1500 láb, keringési sebessége pedig 4-szer 24,000 = 96,000 láb. A forgási és keringési sebesség tehát úgy viszonylanak egymáshoz, mint 1500 : 96000, vagyis mint 1 : 64. Azaz Földünk Nap körüli pályáján 64-szer nagyobb sebességgel kering, mint a milyen az egyenlítőjén valamely pontjának a forgási sebessége. Az körülbelöl 60-szor nagyobb sebesség, mint melylyel a kilőtt ágyugolyó az első másodperczben repül.

A Föld keringési pályájának síkja az égi egyenlítő síkjára ferdén áll, úgy hogy vele körülbelöl $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez. I. i. a Föld forgási tengelye, mely az egyenlítőre, természetesen, függőlegesen áll, a keringési pálya síkjára ferdén esik és $66\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez, miértis a földpálya az egyenlítővel $90 - 66\frac{1}{2}$,

azaz $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez. A földpálya és égi egyenlítő körei egymást két egyenlő részre osztják, amaunak egyik fele az egyenlítőtől éjszakra, másik fele pedig attól délre esik (l. 59. lapot.)

A Föld tengelye és keringése pályája által képezett szöglet nagysága bizonyos időközökben némi változást szenved, de ez aránylag csekély, úgy hogy egészben véve állandónak és változatlannak tekinthetjük. Továbbá a Föld tengelye keringési pályáján egészben véve folyvást egyenközü marad magával. Midőn tehát a Föld átlagosan 20 millió mfdnyi távolságban a Nap körül kering, tengelye mindig az égnek ugyanazon pontjai felé van irányozva. Már tudjuk, hogy a földtengely egyik vége folyvást az északi sarkcsillag felé mutat. Ez csak azért lehetséges, mivel az állócsillagok oly roppant távolságra esnek, hogy a földpálynak átmérője, jóllehet több mint 40 millió mfd hosszú, az állócsillagok távolságához képest úgy szólván elenyészik. Ha nem úgy volna, a magával egyenközü állásban maradó földtengely nem mutathatna pályájának minden helyén ugyanazon égi pont felé.

Körüllakók, ellenlakók, ellenlábask. *Körül-* vagyis *mel* *léklakók* (periocci, Nebenbewohner) azok, kik velünk ugyanazon egyenközü körön, de tőlünk 180 fokkal, azaz félgömbbel odább nyugatra vagy keletre laknak. Ennél fogva melléklakóinknak ugyanaz a földrajzi szélességük mint nekünk, de földrajzi hosszúságuk 180 fokkal különbözik a miénktől. Velünk ugyanazon déli vagy északi félgömbön laknak, tehát mindig ugyanazon évszakaik vannak, mint nekünk, de napszakaik épen az ellenkezők; mikor nálunk dél, náluk éjfél van s megfordítva. Természetesen földvük s mennyiségteni égaljuk is a miénkkal megegyez.

Ellenlakók (antocci, Gegenbewohner) azok, kik ugyanazon délkörön s egyenlő, de ellenkező irányban eső szélesség alatt laknak. Pl. Pest ellenlakói a pesti délkör és szintén $47\frac{1}{2}$ foknyi szélesség alatt laknak, de a déli félgömbön. Tehát az ellenlakók az egyenlítőtől éjszakra és délre ugyanazon szélesség alatt laknak, azért épen ellenkező évszakaik vannak. Napszakaik egyenlők; a Nap egy időben delel nekik, de nem kel fel és nem száll le egy időben, mert mikor az északi félgömbön pl. nyár van, tehát a napszaka leghosszabb, a déli félgömbön tél van s a napszaka legrövidebb. Az ellenlakók dele és éjfele tehát összeesik, de nem reggele és estvéje. Természetes, hogy az ellenlakók földöve és égalja is megegyez, de illető földöveik az ellenkező félgömbön vannak.

Ellenlábások vagyis *ellenlábúak* (antipodes, Gegenfüßler) azok, kik a földfelület épen átellenben eső két pontján, azaz a Föld valamely átmérőjének két ellenkező végén laknak. Tehát az ellenlábúaknak egyenlő, de ellenkező irányban eső földrajzi szélességök s ellenkező, 180 fokkal különböző földrajzi hosszúságuk van. Ellenkező félgömbökön laknak, az egyik az éjszakin, a másik a délin, s az egyik a nyugatin, a másik a keletin, tehát nekik ellenkező évszakaik és napszakaik vannak. Földöveik egyenlők, de ellenkező irányban esnek, mennyiségtani égáljuk megegyez. A mi tetőpontunk, ellenlábasainkra nézve a talppont s megfordítva az ő tetőpontjuk a mi talppontunk. A mi nekünk felkel, az náluk leszáll s a mi nálunk leszáll, náluk felkel, a mi nálunk a láthatár felett, az náluk a láthatár alatt van. Az ellenlábúak valódi láthatára ugyanazon síkba esik.

Ezekből kitetszik, hogy azoknak, kik épen az egyenlítő alatt laknak, nincsenek ellenlakóik, hanem csak melléklakóik és ellenlábasaik vannak, s azok is összeesnek. Azoknak, kik épen a saikpontokon laknának, melléklakóik nem lehetnének, ellenlakóik és ellenlábasaik pedig szintén összeesnének.

Déli árnyékukhoz képest, mint ezt már feljebb megemlítettük, a Föld lakói *árnytalanokra* (ascii) *kétárnyúakra* (amphiscii), *egyárnyúakra* (heteroscii) és *körárnyúakra* (periscii) osztatnak.

Árnytalanok azok, kiknek árnyéka a Nap delelésekor, mint-hogy az függőlegesen fejük felett áll, lábuk alá esik s így mintegy láthatlan. Csak a forróöv lakosai lehetnek árnytalanok, mert csak ott történhetik, hogy a Nap délben a tetőpontban áll; de a forróöv lakosai évenként csak kétszer, sőt azok, kik a forróöv éjszaki vagy déli szélén laknak, évenként csak egyszer árnytalanok.

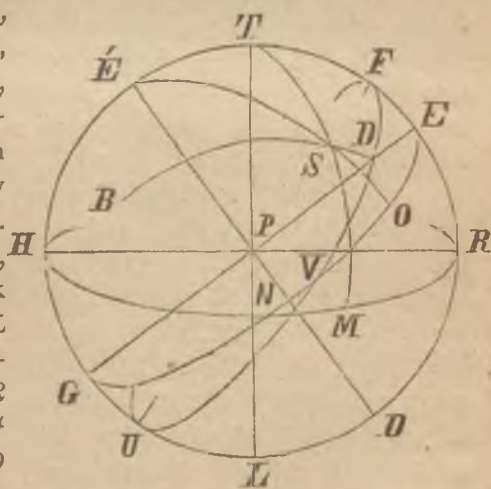
Kétárnyúak azok, kiknek árnyéka a Nap delelésekor majd éjszak, majd dél felé esik. A forróöv lakói évenként kétszer árnytalanok, különben pedig kétárnyékúak, azaz egyik félévben éjszakra, másik félévben délre esik az árnyékuk. De azok, kik a forróöv szélein laknak, már nem lehetnek kétárnyékúak.

Egyárnyúak azok, kiknek árnyéka a Nap delelésekor vagy mindig éjszaki vagy mindig dél felé esik. Ilyenek a mérsékelt földövek lakói.

Körárnyúak végre azok, kiknek árnyéka a láthatáron köröskörül jár. Ilyenek a hideg földövek lakói.

A csillagok fekvésének meghatározása. A földgömb körhálózata az éggömbre is átvitetik, vagy tulajdonképp megfordítva az éggömbre alkalmazott körhálózatot a Földre is alkalmazták. Csak annak segítségével tájékozódhatunk el s határozhatjuk meg a helyek és csillagok fekvését Földünkön s az egen. Ámde az elnevezésekre nézve van némi eltérés. A földgömbön az egyenlítővel egyenközűleg vont körök *egyenközű vagy szélességi*, az éggömbön az égi egyenlítővel egyenközűleg vont körök egyszerűen csak *egyenkő* ü köröknek neveztetnek; a Föld egyenlítőjére függőlegesen s a két sarkán keresztül vont legnagyobb körök *délköröknek* vagy *hosszúsági* köröknek, az éggömb egyenlítőjére függőlegesen s az ég két sarkán át vont legnagyobb körök pedig *óráköröknek* vagy *elhajlási köröknek* (Stundenkreis, Declinationskreis) is neveztetnek. A mi a földi helyekre nézve délkör, az a csillagokra nézve elhajlási vagy órákör. Az elhajlási körök közül azokat, melyek a nap-éj egyenlőségi pontokon (a tavaszi és őszi ponton) s a napfordulati pontokon mennek keresztül különösen *koluroknak* (csonka köröknek) is nevezik, mivel egyik részük láthatatlan. Végre a tetűponton keresztül s a láthatár síkjára függőlegesen vont körök *tetűkörök*, a láthatár síkjával egyenközű körök pedig *magassági körök* (ar. almukantarát).

Az idom az éggömb tetűleges átmetszetét ábrázolja, *P* a Földön valamely hely, honnan az eget vizsgáljuk, *HUL* azon helynek láthatára, erre *TL* függőlegesen áll, tehát *T* a néző *P* hely tetűpontja, *L* a lábpontja. *ÉPD* az éggömb tengelye, *HTRL* a délkör, melynek síkja *ÉD* tengelyen s *TL* súlyirányos vonalon megyen át s a láthatárt *HPR* délvonalban szegi. *EVG* az egyenlítő, melyre *ÉD* függőlegesen áll s melynek átmetszete a láthatár ke-



21. idom.

leti és nyugati pontjait kapcsolja össze, melyek közül az idomban *N* által csak a nyugati van megjelölve. *FVU* a földpályát (eklipti-

kát) jelöli meg, melynek síkja az egyenlítő síkját a tavaszi és őszi pontban szegi; az idomban csak a tavaszi pont van megjelölve V által.

P helyen keresztül három síkot fektethetünk s mindegyikre egy-egy függőleges vonalt húzhatunk, melyeket az édig képzelünk kinyújtva. A láthatár síkjára függőleges vonal a tető- és talppontba végződik; az egyenlítő síkjára függőleges vonal végpontjai, az éjszaki és déli sark, a forgási tengely két végpontjai; végre a földpálya síkjára függőleges vonal végpontjai a földpálya éjszaki és déli sarka, a földpálya tengelyének végpontjai. Ezek közül az idomban csak az éjszaki van megjelölve B által.

Ha már valamely égi pontnak, csillagnak helyét az egen meg akarjuk határozni, azt háromféle módon tehetjük. Legyen S a csillag, melynek helyét P pontból akarjuk meghatározni.

1) P helyről S csillagon s a láthatár T pontján keresztül egy síkot fektetünk, mely az éggömböt TSM tetőkörben metszi. A 19. lapon előadottakból tudjuk, hogy SM ív S csillag magassága a láthatár fölött, RM ív pedig a csillag tetőkörének a délponttól való távolsága, *azimutja*. Ez alatt a láthatár azon ívét értjük, mely a déli ponttól nyugat, éjszak és kelet felé menő irányban odáig terjed, hol az illető csillag tetőköre a láthatár síkját éri. Tehát az azimut 90-dik foka a nyugati, 180-dik foka az éjszaki, 270. foka a keleti pontokkal vág össze. A csillag fekvése a magasság és azimut által tökéletesen van meghatározva, de csak bizonyos adott időre nézve, mert minden csillag magassága és azimutja az éggömb látszatos forgásánál fogva folyvást változik.

2) P helyről S csillagon s az egyenlítő E sarkpontján keresztül fektethetünk egy síkot, mely az éggömböt $ÉSO$ elhajlási körben (az idom csak körnegyedét mutat) metszi. Ekkor SO ív a csillagnak az egyenlítőtől való ívbeli távolságát mutatja, melyet a csillag *elhajlásának* (*declinatio*) nevezünk, VO ív a csillag *óraíve*. A földi helyek fekvését e két kör által határozzuk meg, s a mi azokra nézve szélességnek mondatik, az a csillagokra nézve az *elhajlás*, a mi pedig a földi helyekre nézve hosszúság, az a csillagokra nézve az *óraív*. A csillagok óraíveit az egyenlítőn, elhajásaikat pedig a rajtuk és a sarkokon átmenő, tehát az egyenlítőre függélyes körökön mérjük meg, ez utóbbiak azért elhajlási köröknek is neveztetnek. A csillagok elhajlása vagy éjszaki vagy déli, a mint t. i. azok az egyenlítőtől az éjszaki vagy a déli sark felé esnek. Az állócsil-

lagok elhajlásai és órái ei észrevehetőleg nem változnak, tehát fekvéseik azok által állandón van meghatározva. A Nap és bolygók elhajlásai és órái ei az év folyamában folytonosan változnak, s fekvésöknek azok által való meghatározása csak bizonyos időre és helyre nézve áll. Órakerít annyit képzelhetünk, a hány csillag van. Minden csillag óráiét azon ponttól kezdve számítjuk, melyben a szemlélő hely délköré az egyenlítőt metszi, még pedig nyugat felé menve, s az értéket vagy fokokban vagy időben (órákban, percekben) fejezzük ki, $15^\circ = 1$ óra. Azon szöglet, melyet valamely csillag órái e a délkörrel képez, a csillag *óraszöglete*, mely min említettük az egyenlítőn méretik meg; *S* csillag óraszögletének nagyságát az idomban *EO* iv fejezi ki. Az időben kifejezett óraszöglet mindig csak bizonyos időre és helyre vonatkozik s azt mondja, mennyi idő múlt el azóta, hogy a kérdéses csillag deleft. Tehát az óraszöglet folyvást változik. Hogy azért a csillagok óraszögleteit az időtől függetlenül határozhassuk meg, azt az egyenlítőnek oly pontjától kell számítanunk, mely állandó és változatlan; azaz úgy kell eljárunk, mint a földi helyek hosszúságának kifejezésénél, midőn a bizonytalanság elkerülése végett valamely délkört állandón elsőnek veszünk, s abból indulunk ki. A csillagokra nézve ily állandó kiindulási pontúl, mintegy első délkörül, a *tavaszpont* szolgál. Ebből kiindulva kelet felé menve határozzuk meg a csillagok órái eit. Az így számított és meghatározott órái e a csillag *egyen es emelkedésének* (rectascensi ónak) neveztetik. Az egyenes emelkedés tehát az egyenlítőnek azon ivdarabja, mely a tavaszponttól odaíg terjed, hol a kérdéses csillag órái e az egyenlítőt éri. Az egyenes emelkedés fokai az illető csillagnak a tavaszponttól való ívbeli távolságát *kelet* felé, az órák, percek stb pedig azt az időt fejezik ki, mely a tavaszpont deleftésétől a kérdéses csillag deleftésig elmúlik. A csillagokra nézve tehát elhajlásnak és egyenes emelkedésnek neveztetik az, mi a földi helyekre nézve szélesség és hosszúság.

3) Végre a csillagok fekvésének meghatározására a föld pályára fektetünk függőleges síkot, mely tehát a földpálya sarkpontjain megy keresztül s az idomban az éggömböt *BSD* körnegyedben metszi. A csillagoknak a földpálya (ekliptika) síkjától való ívbeli távolságát éjszakra vagy délre annak sarkai felé a *csillagok szélességének* nevezik, mely tehát szintén vagy éjszaki vagy déli. A földpálya vagyis ekliptika, mint tudjuk, az egyenlítőt a tavaszpont-

ban és űszpontban szegi; a csillagok fekvését az ekliptika síkjában is kelet felé menve határozzuk meg, s ezt a csillagok *hosszúságának* mondjuk. Tehát a csillagokra nézve a hosszúság azon ív, mely az ekliptika síkjában a tavaszponttól kelet felé menve addig a pontig terjed, melyben a kérdéses csillagon és a földpályai sarkokon átmenő legnagyobb kör az ekliptikát szegi.

Röviden az egyenlítő egyenközűi s a délkörök által meghatározott fekvés a csillagokra nézve elhajlásnak és egyenes emelkedésnek, a földpálya egyenközűi s ezeket derékszög alatt szegő legnagyobb körök által meghatározott fekvés pedig szélességnek és hosszúságnak mondatik.

III. Szakasz

A naprendszer. Az égi testek mozgásainak tudományos megállapítása.

I. A naprendszer.

A Nap. A Nap s a körülte keringő égi testek a világtérnek egyik, aránylag kis részét foglalják el s külön rendszert képeznek, mely a csillagok más rendszereitől nagy távolság által van elválasztva, s melynek központja és uralkodó feje a Nap. Ez a rendszer többi tagjaira köröskörül fényt és meleget s ezzel együtt életet áraszt; ezek magokban véve sötét világtestek s három fő csoportra oszlanak: a *fő és mellék-bolygók*, az *üstökösök* és a *hulló csillagok* csoportjaira.

A Nap nem kölcsönzött, hanem saját fényével ragyog, tehát úgynevezett állócsillag. A Földről nézve körülbelül akkora korongnak *) látszik, mint a Hold, de valóságban roppant nagy gömb, melynek átmérője 193,000 mfldet, felülete 117,000 millió □ mfldet

*) Lát-zatos félátmérője 961, egész átmérője 1922 másodpercet, vagyis 32 elsőperczet s 20 másodperczet tesz; a Föld a Napról tekintve 17.82 másodpercznyi, egyenlítői félátmérője tehát 8.91 másodpercznyi szöglet alatt látszik. A Nap tányérán oly ív, mely nekünk egy másodpercznyi szöglet alatt látszik, 715 kilometer vagyis $96\frac{1}{2}$ mfld hosszú, tehát az, mi nekünk a Nap tányéra közepén egy percznyi szöglet alatt mutatkozik, 42,900 kilometer, 5790 mfldet tesz. A legfinomabb pókháló-szál, mely a távcsövekben szokott használnai, $\frac{1}{3}$ másodpercznyi széles, tehát a Nap felületén 288 kilometer széles darabot fed el.

s térfogata 3760 billió köb mfdet tesz. Átmérője 108-szor, térfogata majdnem másfél milliószer nagyobb, mint a Földé, sőt az összes bolygók együtt véve 500-szor kisebbek, mint a Nap. Tömege mintegy 350,000-szer nagyobb mint a Földé, s több mint 700-szor nagyobb, mint az összes bolygóké. *) Átlagos tömörsége kisebb mint a Földé, csak $\frac{1}{4}$ -dét teszi annak. A Földön a szabadon eső testek az első másodperczben körülbelül 15 lábat esnek, a Nap felületén pedig 430 lábat esnének, s oly test, mely a Földön pl. egy fontot vagy egy mázsát nyom, a Napon 29 fontot, illetőleg 29 mázsát nyomna.

Kétségtelen, hogy a Nap sem nyugvó központ, hanem tengelye körül forog s a világtérben is mozog. Tengelye ferdén áll a föld pálya síkjára s körülbelül $7\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez vele, úgy hogy egyik feléven át éjszaki, a másikon át pedig déli sarka van a Föld felé fordítva. Tengelye körül a Nap mintegy $25\frac{1}{2}$ földi nap alatt fordul meg egyszer.

A Földön való szerves élet egészen a Naptól függ. Ez napról napra s évről évre roppant hőmennyiséget áraszt a Föld felületére. Hogy erről némi képzeletünk legyen, megemlíttük, hogy ifjabb *Herschel* és *Pouillet* vizsgálódásai szerint a Nap által egy esztendőn át a Föld felületére árasztott hőmennyiség képes volna egy 30 meter (98 láb) vastag s az egész Föld kerektségét borító jégreteget felolvasztani. Ebből következik, hogy a Nap által a Föld felületére árasztott hőmennyiség képes volna minden perczben $5\frac{1}{2}$ köb mélyföldnyi vízmennyiségnek mérsékletét egy (Celsiusféle) fokkal melegebbre tenni. De Földünk csak kis részét kapja a Nap melegének és fényének. Ha a Nap körül egy vajt gömböt képzeletünk, melynek átmérője akkora mint a Föld átlagos távolsága a Naptól, azon képzelt gömb körületén 2300 millió akkora gömb, milyen a Föld, férne el egymás mellett; s minthogy a fény- és hő-sugarak mindenfelé terjednek el, valamennyi 2300 millió gömb egyaránt világíttatnék és melegíttetnék meg a Nap által. Tehát a Földnek csak 2300 milliommód része jut a Nap által kiárasztott összes melegségnek, s ez minden egyes perczben 12,650 köb mélyföldnyi vízmennyiséget melegíthetne egy fokkal. A Földön használt

*) A Nap tömegét a különböző meghatározások 324,000—365,400-szor teszik nagyobbra mint a Földét. — Ha Földünk körül vasút volna építve, a gőzkocsi egy hónap alatt futhatná meg, a Nap körül a hasonló sebeséggel járó gőzkocsi több mint 9 év alatt futhatná meg csak az utat.

legjobb tüzelő szernek, pl. kőszénnek egy fontjával legfeljebb 6000 font vizet melegíthetünk meg egy fokkal. Ha a Nap egész gömbje ilyféle kitűnő kőszénből állna s égése által támasztaná az általa kiárasztott hőséget, 4600 év alatt egész tömege égne el; kiégett gömbje lassankint kisebbednék, hősége mindinkább fogyna. Ámde a történelmi idő alatt, vagy 5000 év óta, sem a Nap gömbjének, sem hőségének csökkenését nem tapasztaltuk. Kérdés tehát, mi csoda anyagból áll a Nap, s honnan van az, hogy minden észrevehető fogyatkozás nélkül oly roppant hőmennyiséget áraszt ki?

Lockyer szerint a Nap felületének minden négyzet rőfnyi része annyi meleget áraszt ki, mennyit óránként elégett 6 tonna kőszén adna. Már pedig a Nap felülete körülbelül 2 billió 3 száz ezer millió \square rőföt tesz, tehát több mint 12 billió tonna kőszént kellene egy órában elégetni, hogy annyi hőség támadjon, mennyit a Nap kiáraszt.

A Nap által támasztott világosság oly nagy, hogy benne a legerősebb fény, melyet mesterségesen előállíthatunk, sötét foltnak látszik. Azért a Napot rendesen csak színes üvegen át nézhetjük, különben sugarai vakítják szemünket. Ha pusztá szemmel színes üvegen át nézzük, többnyire egész felülete egyaránt világosnak látszik; de ha távcsövel vizsgáljuk, csakhamar észreveszszük, hogy felületének egyes részei hol fényesebbek, hol homályosabbak, sőt hogy kisebb nagyobb s változó alakú és számú sötét *foltok* és pontok látszanak rajta. A foltok majd hosszúak, majd gömbölyűk, majd egyenként és elszórtan, majd csoportosan és sorakozva mutatkoznak. Néha ropant kiterjedésűek, sokkal nagyobbak mint a Föld egész felülete. Kiterjedésük és alakjuk többnyire nagyon sebesen változik. Belsejük többnyire sötétebb, fekete vagy barna színű; ez mintegy magvok, melyet szürkés szélek, az úgynevezett udvar környeznek. A foltok mellett többnyire világosabb, vörös színű helyek, az úgynevezett *fáklyák* mutatkoznak, melyek szintén változnak. A foltok és fáklyák leginkább a Nap egyenlítői övében látszanak; látszatos mozgásukból következtették, hogy a Nap a tengelye körül forog.

A Nap foltjait a legujabb időben többen nagy szorgalommal figyelték meg, s így kitűnt, hogy sokaságuk 10—11 év alatt felváltva növekedik és fogy. Oly években, melyekben legnagyobb számmal mutatkoznak, alig van nap, melyen nehánya nem volna látható; így volt ez pl. 1871-ben; más években viszont 100 és

több napon át egyetlen nagyocska folt sem mutatkozik. Azt is tapasztalták, hogy oly években, melyekben a Napon legtöbb folt látható, a delejtől legnyugtalanabb szokott lenni s legtöbb éjszaki fény fordul elő.

Herschel Vilmos angol csillagász úgy vélekedett, hogy a Nap tulajdonképi teste nem világít és sötét; ezt felhőfele sötét réteg veszi körül, erre egy felette elastikus és átlátszó közegből álló burok következik, melyet végre a fényt és meleget árasztó *fénykörny* (photosphacra) vesz körül. Ez erősen hullámzik és áramlik. Midőn bármily háborgások következten a fénykörny egyes helyein megszakadoz, hézagok támadnak benne, melyek szélein a felre-lökött fényanyag összehalmozódik s a második átlátszó burkon keresztül a Nap testét borító sötét felhőréteget megvilágítja s így okozza, hogy ez mint bágyadt fényű hamvas színű folt látszik, mely körül a felhalmozódott fényanyag a fáklyák és fénycsomók tüne-ményét mutatja. Ha a háborgások oly erősek, hogy a felhőlepel is megszakadoz, akkor hézagain át a Napnak sötét teste is meglátszik s ez képezi a foltok fekete magvát, míg a hamvasszínű felhőréteg a foltok úgynevezett udvarait teszi.

A legujabb időben *Kirchhoff*, *Bunsen* és mások a szinkép-készüléket, melyet már nagy sikerrel a földi testek elemeinek kutatására fordítottak vala, a Nap és egyéb égi testek megvizsgálására is alkalmazták. Miként a napfényt egyes alkotó részeire, a különböző színekre lehetett felbontani s a színek és árnyéklataik között állandóan mutatkozó sötét vonalak számát és fekvését megállapítani, úgy más égő vagy izzó testek fényét is sikerült felbontani, s a fény színei és csikjai szerint a testek vegyelemeit meghatározni. A szinkép-elemzés által sikerült bebizonyítani, hogy oly testek, melyek a Földön csak szilárd vagy csepegő folyó állapotban fordulnak elő, a Nap légkörnyében gáznemű alakban vannak meg, hogy tehát a Nap légkörnyének hőmérséke roppant magas. Nevezetesen a Nap légkörnye magában foglal calciumot, magnesiumot, natriumot, vasat, titant, nikolt, chromiumot; kisebb mennyiségben rezer, horganyt, bariumot, talán aranyt, strontiumot, cadmiumot és potassiumot is. *Kirchhoff* tehát kikel *Herschel* nézete ellen, miszerint a Nap belső teste sötét és szilárd állapotban volna, mert a roppant hőséget árasztó fénykörny mellett a Nap belső testének is olvasztott, lángoló izzó állapotban kell lennie. Föl kell tehát tennünk, hogy az egész Nap egy roppant izzón forró gömb s, hogy

ezt szintén izzó állapotban levő gőzök környezik. A Nap gőzkörnye természetesen különbözik a Föld légkörnyétől, mégis Kirchhoff véleménye szerint, benne is változik a hőmérséklet s egyes helyeken néha annyira leszáll, hogy felbűk támadnak, melyek a kihülés mértéke szerint kisebbek nagyobbak, gyérebbeek és sűrűbbek. A Nap felbűi ugyan más természetűek, mint a Föld felbűi, de minden esetre többé kevesebb sötétek, s nekünk barnás, szürkés vagy feketés foltoknak látszanak, melyek azért oly gyorsan változnak.

Azonban Kirchhoff e nézetéhez is férnek kétségek. Annyi bizonyos, hogy a Nap, úgy mint az állócsillagok, izzón forró állapotban levő fémekből s más anyagokból áll, hogy hősege roppant nagy s ennél fogva melegít és világít, vagyis a testek részecskéiben azon hullámzó, rezgő mozgást idézi elő, melynek eredménye a melegség és világosság. A Nap tányérának szélén, kivált teljes napfogyatkozásakor, fényes lángforma *kidudorodások* (Protuberanzen) s *koronának* nevezett fénykör látszanak. A lángforma kidudorodások, mint a szinkép-elemzés bizonyítja, *hydrogén lángok*. Úgy látszik tehát, hogy a Nap gőzkörnyének legmagasb rétegei leginkább hydrogénből állanak, mely legkönnyebb anyag. Némelyek úgy vélik, hogy a Nap testét öt különböző burok veszi körül, t. i. a Herschel által fölvetett hármas burokra egy átlátszó és vereses színű burok következik s ezt végre a tulajdonképi légkörny veszi körül.*)

A **bolygók**. Ezek közül a *Merkuriusz*, *Venusz*, *Föld* és *Marsz* középszerű nagyságúak, a Naphoz legközelebb állanak s mintegy rokon csoportot képeznek. Ez után a csak legújabban felfedezett s új meg új felfedezések által majdnem évenként szaporodó apró *bolygócskák* (asteroidok, planetoidok) következnek, melyek száma most (1872 májusban) 120. A harmadik csoportot a nagy, holdakban bővelkedő és a Naptól igen távol eső *Jupiter*, *Szturnusz* *Uranusz* és *Neptunusz* teszik.

Az első csoportbeli bolygók közül csak a Földnek van mellék-bolygója, holdja.

A Jupiternek 4, a Szturnusznak 8, az Uranusznak 4 s a Neptunusznak 1 holdja van. E szerint a főbolygók száma 8, a mellék-bolygóké vagyis holdaké 18, a bolygócskáké 120.

A *Merkuriusz* a Naphoz legközelebb eső, legbelsőbb bolygó, igen élénk fényű, mégis nehezen látható, mert mindig a Nap köze-

*) V. ö. P. A. Secchi: Die Sonne etc. németül átdolgozva és bővítve Dr. Schellen H. által, 1872 Braunschweig; igen jeles munka.

leben van, tehát csak az esti és reggeli szürkületben mutatkozik. Mikor pályáján keringve a Nap és Föld közé jut, vagyis az alsó együttállásban van, akkor meg nem világított fele van felénk fordítva, mint az újhold, tehát ilyenkor nem láthatjuk, kivéven abban az esetben, melyben éppen a Nap előtt vonul el, mi egy században körülbelül 13-szor történik. De a Merkur ez elvonulása a Nap tányéra előtt csak távcsövön át vehető észre; a bolygó akkor sötét pontnak látszik. Mikor éppen a Nap mögött áll, (a felső együttállásban van), megvilágított fele van felénk fordítva, de akkor a Nap közelsége miatt szintén csak távcső segítségével látható. Külömben mikor a Napot követi, esti csillag, mikor pedig azt megelőzi, hajnali csillag.

A Merkur átmérője 660 mfd, térfogata mintegy 17-szer kisebb mint a Földé, de tömege majdnem $\frac{1}{10}$ -dét teszi a Föld tömegének, tehát tömörsége $\frac{1}{4}$ -del nagyobb mint a Földé.

Pályafutását a Nap körül 88 nap alatt végezi, közepes távolsága a Naptól 8 millió mfd, legkisebb távolsága 6.36, legnagyobb távolsága 9.65 millió mfd; tehát pályája aránylag igen nyújtott kettűlék. Legkisebb távolsága a Földtől 11, legnagyobb távolsága 30 millió mfd. Átlagos keringési sebessége 6.62 mfd másodpercenként. Tengelye körül 24 óra 5 percz alatt fordul meg egyszer.

A *Venusz* egyik legszebb csillag, erős fénye van; esteli és hajnali csillag; átmérője 1666 mfd, tehát majdnem akkora mint a Földé, tömege a Föld tömegének majdnem $\frac{9}{10}$ -dét teszi, tömörsége majdnem olyan, mind a Földé. A Naptól 15 millió mfdre esik, pályája majdnem tökéletes kör, pályafutását a Nap körül $224\frac{2}{3}$ nap alatt végezi, állásának változásai olyanok mint a Merkuriuszéi. A Földtől való legkisebb távolsága az alsó együttállásban csak 5, legnagyobb távolsága pedig 36 millió mfd. Tengelye körül 23 óra $21\frac{1}{2}$ percz alatt fordul meg. Néha a Nap tányéra előtt vonul el, 1000 év alatt körülbelül 13-szor. Rendesen 100 és több év múlik el, míg oly állásba jut, hogy a Nap előtt elvonul; de akkor rendszeren 8 évi időköz alatt kétszer történik az. Legközelebb 1874 decz. 8-kán s azután 1882 decz. 6-kán fog a *Venusz* a Nap előtt elvonulni.

A *Föld*. Erről már volt szó s alább még bővebben szólnunk.

A *Marsz*. Ez vereses fénye által tűnik ki, közepes távolsága a Naptól 31, legkisebb távolsága 28, legnagyobb 34 millió mfd. Szembenálláskor néha 8 millió mfdnyire közeledik a Földhez, leg-

nagyobb távolsága ettől pedig az együttállásban 55 millió mfldet tesz. Pályáját a Nap körül 686 nap $23\frac{1}{2}$ óra alatt futja meg, tengelye körül 24 óra 37 percz 23 másodpercz alatt fordul meg. Tengelye pályájának síkjára ferdebben áll, mint a Föld tengelye, tehát felületén az évszakok különbsége nagyobb mint Földünkön. Átmérője 938 mfld, tömege $\frac{12}{100}$ -dát, tömörsége majdnem $\frac{1}{4}$ -dét teszi a Föld tömegének és tömörségének. Sarkai körül fehér foltok mutatkoznak, melyek hihetőleg hó- és jégtömegek; más helyein kisebb nagyobb feketés foltok vannak, melyek talán tengerek.

A bolygócskák. A Mária és Jupiter között aránylag igen nagy hézag volt, azért már régebben gyanították, hogy ott még egy bolygó van. De sokáig nem találtak semmit, végre 1801 január 1-jén *Piazzi* a *Ceresz*, 1802-ben *Olbers* Brémában a *Pallasz*, 1804-ben *Harding* Göttingában a *Juno*, 1807-ben ugyancsak *Olbers* a *Vesztá* nevű bolygócskákat fedezék fel. Azután szünet állott be, míg nem *Hencke* postamester Driesenben 1845 decz. 8-kán az *Astraeát* fedezék fel, s azóta alig múlt el egy esztendő, a nélkül hogy egy vagy több bolygócskát felfedeztek volna. 1872 ápril havában kettőt fedeztek fel. Minde kis világtestek a Mária és Jupiter között keringenek a Nap körül, ettől való távolságaik 36 és 70 millió mfld között változnak; pályáik mind kerti lékek, melyek egymást gyakran szegik; középkihüliségeik, valamint tengelyeik ferdeségei is többnyire nagyobbak, mint a főbolygónál találjuk. *Vesztá*, úgy látszik, a legnagyobb bolygócska, mégis átmérője csak 60 mfld, a *Hygiea* átmérője csak 3 mfld.

Jupiter. Ez a legtömesebb és legnagyobb bolygó, sárgás színű és nagyon fényes csillag. Tengelye körül 9 óra 56 percz 26 másodpercz alatt fordul meg, tehát forgási sebessége roppant nagy: pályafutását a Nap körül 4,332 nap alatt végezi. Közepes távolsága a Naptól $107\frac{1}{2}$, legnagyobb távolsága 113, legkisebb távolsága 102 millió mfld. A Földtől való távolsága 87 és 147 millió mfld között változik. Egyenlítői átmérője 10,000, tengelye pedig 18,000 mfld, tehát a sarkokon való lelapultsága igen nagy, $\frac{1}{10}$. Felülete 129-szer, térfogata 1470-szer nagyobb mint a Földé; tömege majdnem háromszor nagyobb mint a többi összes bolygóké s 338-szor nagyobb mint a Földé, de tömörsége csak $\frac{1}{4}$ -dét teszi a Föld tömörségének. Távsívnál át tekintve szürkés sávolyokat látunk felületén, még pedig az egyenlítő táján majd kettőt, majd csak egyet. Halványabb sávo-

lyok és foltok más vidékein, kivált a sarkoknál is mutatkoznak. Négy holdja van.

Szturnusz. Pályafutását a Nap körül $29\frac{1}{2}$ év alatt végezi, legkisebb távolsága a Naptól 18¹/₂, legnagyobb távolsága pedig 208 millió mfd; a Földtől való távolsága 165 és 229 millió mfd között változik. Nagysága majdnem akkora, mint Jupiteré, mert egyenlítői átmérője 17,200 mfd; lelapultsága még nagyobb mint Jupiteré, mert forgási sebessége is igen nagy. Felülete 94-szer, térfogata 900-szor nagyobb mint a Földé. de tömege csak 100-szor múlja felül a Földét, mert tömörsége igen csekély, még kisebb mint a vízé, és csak $\frac{1}{10}$ -dét teszi a Föld tömörségének. Nyolcz holdja és több gyűrűje vagyis karikája van, melyek az egyenlítőjének síkjába esnek. Belső karikája 2000 mfdnyi távolságban veszi azt körül, homályos s nehezen vehető ki; második karikája szélesebb és fényesebb; ezt azután néhány keskenyebb gyűrű veszi körül.

Uranusz. Ezt 1781 marc. 13-kán *Herschel* fedezé fel. Átmérője 8200 mfd; pályafutását a Nap körül 84 év alatt végezi; közepes távolsága a Naptól 402, legkisebb és legnagyobb távolsága 378, illetőleg 425 millió mfd, tehát majdnem 40-szor kevesebb világosságot és meleget nyer, mint a Föld. Négy holdja van, melyek bajosán láthatók.

Neptunusz. Ezt pusztán szemmel nem lehet látni. *Leverrier* francia csillagász számításai következtében gyanítá, hogy bizonyos helyen bolygónak kell lennie, s *Galle* a megjelölt helyen 1846 szept. 23-kán csakugyan felfedezé a bolygót, melyet azután Neptunusznak neveztek el. Ez majdnem akkora mint az Uranusz, több mint 600 millió mfdnyire esik a Naptól, mely körül 166 év alatt végezi keringését. Egy holdja van.

A főbolygók, a két legkisebbiket, Merkurt és Marszt kivéve, három párt képeznek, melyek a következők: Föld és Venusz, Jupiter és Szturnusz, Uranusz és Neptunusz. Az egy-egy párhoz tartozó bolygók nagyságra és tömegre nézve egymáshoz hasonló, természeti minőségük is az, forgási idejük majdnem egyenlő, keringési idejük pedig egyszerű arányszámok által fejezhető ki. A Föld és Venusz keringési idői úgy viszonylanak mint 13 : 8, a Szturnuszei és Jupiteréi mint 5 : 2, a Neptunuszei és Uranuszei mint 2 : 1.

A mellékbolygók. Eddigelő 18 mellékbolygót vagy holdat ismerünk, melyek közül, úgy látszik, a Föld holdja s a Jupiter 4

holdja a legnagyobbak. A mi holdunk a Föld felületétől 51,000 mfdnyire esik, átmérője 468 mfd,*) felületének nagysága $\frac{1}{14}$ -dét teszi a Föld felületének, térfogata 49-szer, tömege 81-szer kisebb mint a Földé, tömörsége úgy viszonylik a Föld tömörségéhez, mint 3 : 5. Észrevehető légkörnye ninesen, tehát hajnala és alkonya sínes. A delelő Nap a Holdon majdnem mindig az egyenlítő felett áll, alig tér el $1\frac{1}{2}$ foknyira dél és éjszak felé. Felületén sok magas és többnyire köralakú hegy látszik, melyek mint meredek sziklafalak nagy mélységeket vesznek körül. E körhegyek nagysága és magassága nagyon különböző; a legnagyobbak 15,000—20,000 láb magasak. A hegyek között kisebb nagyobb lapályok vannak, melyek szürkés foltoknak látszanak, ha pusztá szemmel vizsgáljuk a Holdat. Hajdan úgy vélték, hogy azok tengerek, de most tudjuk, hogy a Holdon ninesen víz. A hegyek és lapályok mellett kisebb nagyobb völgyek és mély, hosszan elnyúló barázdák, hornyolások is látszanak. Forgását a tengelye körül és pályafutását a Föld körül egyenlő időben végezi, azért mindig csak egyik fele van felénk fordítva.

Jupiter négy holdja valamivel nagyobb mint a mi holdunk; a legnagyobbiknak átmérője 750 mfd. Galilei az inént feltalált távcső segítségével 1610 jan. 10-kén Jupiter három holdját egyszerre, a negyediket néhány nappal utóbb fedezé fel. Az első hold 56,000, az utolsó vagyis negyedik 252,000 mfdnyi távolságban kering a Jupiter körül. A három első hold sohasem látszik teljesnek, mert minden szembenálláskor Jupiter árnyékába lépnek, s minden egytűtálláskor ők vetik árnyékukat Jupiterre. A negyedik is csak ritkán mutatkozik teljesnek: Jupiter holdjainak e fényfogyatkozásait könnyen lehet megfigyelni, s azért azokat Földünk helyei földrajzi hosszúságának meghatározására lehet használni. *Römer Olaus* azoknak megfigyeléséből a fénysugár elterjedési sebességét számítá ki. Azt találta t. i. hogy Jupiter holdjainak fényfogyatkozásai akkor, mikor Jupiter legközelebb állt a Földhöz, hamarabb, ellenben, mikor Jupiter a Földtől legtávolabb állt, később látszottak Földünkön, mint a kiszámítás szerint beállniok kellett volna. A fényfogyatkozások ideje helyesen volt kiszámítva, de mikor Jupiter közelebb van hozzánk, fénysugara rövidebb utat fut meg, s azért hamarabb ér hozzánk, mint akkor, mikor távolabb esik. A földközelben Jupiter körülbelől 87, a földtávolban pedig mintegy 147

*) Hansen szerint 454 mfd.

millió mfdnyire esik hozzánk. Oly esetben, midőn Jupiter a Naptól és Földtől egyenlő távolságra esik, holdjainak fényváltozásai a kiszámított időben állnak be; de mikor a Föld és Jupiter egymással szemben állnak, azaz a Föld a Napnak egyik oldalán, Jupiter pedig annak másik oldalán áll, tehát Jupiter 20 millió mfddel távolabb esik a Földtől mint a Naptól, akkor $8\frac{1}{4}$ perczetel később, s mikor a Föld és Jupiter együttállásban vannak, tehát Jupiter 20 millió mfdel közelebb esik a Földhez, akkor $8\frac{1}{4}$ perczetel előbb állnak be a holdak fényváltozásai. E szerint a fénysugár $8\frac{1}{4}$ percz alatt 20 millió s egy másodpercz alatt körülbelöl 41,000 mfdet fut meg.

Szturnusz holdjai kicsinyek; a legnagyobbiknak átmérője 350 mfd. Ezt legelőször fedezték fel. *Uranusz holdjai* és *Neptunusz holdja* is nagyon kicsinyek és kevés tömeget foglalnak magokban.

Az üstökösök. Ezek igen különös, felülről alakú világtestek. Hirtelen s gyakran véletlenül jelennek meg az egen, rendesen csak néhány éjen át látszanak, azután ismét eltűnnek. Néha több évig egy sem mutatkozik, néha rövid időközökben többen is látszanak. Majdnem mindegyiknek más-más alakja van. Rendesen belsejöknek egyik része sokkal világosabb, mint többi részök; azt az üstökös magvának nevezik, melyet gömbölyű ködforma fényes burok vesz körül. Ez többnyire nagyon változó; hozzája egy vagy több üstök vagyis csóva (fark) csatlakozik, mely rendesen a Naptól elfordított oldalon van, s mely néha rövid, néha pedig igen hosszú. Vannak kettős csóvájú üstökösök s olyanok is, melyeknek semmi csóvájok sincs. Általán véve az üstökösök anyaga nagyon ritka, úgy hogy rajta keresztül a hágyadtabb fényű csillagok is látszanak. Bizonyos, hogy az üstökösök gázféle anyagból állanak, és saját fényökkel ragyognak, úgy mint a ködcsillagok. Alaptalan volt azért az aggodalom, melyet hajdan az üstökösök megjelenése okozott. Pályáik eltérnek a bolygók pályáitól, általában sokkal jobban kinyújtott kerületekben keringnek a Nap körül, sőt némelyek vissza sem térnek a naprendszer vidékeibe, hanem oly görbékben mozognak, melyeknek végei soha sem érnek össze, melyek tehát, miután a Nap közelében megjelentek, attól mindinkább eltávolznak s többé vissza sem térnek. Eddigél körülbelöl 4000 különböző üstököst figyeltek meg, azok közül valami 250-nek pályáját sikerült kisebb nagyobb biztosággal meghatározni és kiszámítani. Köztük 9 van olyan, melyek Jupiter pályán túl nem távoznak; pályájokat

3½ és 7½ földi év alatt futják meg. Ilyenek pl. az Enkeféle és Bielaféle üstökösök. *de Keres!*

A hullócsillagok és meteoritek vagy aszteroidok. A csillagos ég szemlélésénél gyakran sajátságos tűnemény által lepetünk meg. Hirtelen fényes pont villan fel, mintha valamelyik a körülmben oly fenséges csendben keringő égi testek közül levált volna az ég boltozatáról, fényes ívet képezve suhan el s a mily rögtön felvillant, oly rögtön el is tűnik. A felvillanó s hirtelen elsháló fény gyakran igen erős, mégis a mi okozza, többnyire csak igen apró testecske, melyet sokáig csak a légkörnyben képződő s meggyúló gőznek tekintettek. De mintán *Brandes* és *Benzenberg* megmutatták, hogy az úgynevezett hulló csillagok igen nagy magasságból vagyis aránylag nagy, 50, sőt 100 mfdnyi távolságból kerülnek légkörnyünkbe, s hogy mozgási sebességök másodpercenként 4, sőt 9 mfdet tesz, nem lehetett többé azt képzelni, hogy a levegőben támadnak. Most már általános azon nézet, hogy a hullócsillagok a nagy világtérből jutnak a földi légkörnybe, hogy világtérbeli, *koszmikus* testek. Ezt különösen azon körülmény is bizonyítja, hogy a hullócsillagok bizonyos évfordulati napokon sokkal nagyobb mennyiségben mutatkoznak, mint körülmben. Szórványosan alkalmasint minden éjjel láthatók, sőt úgy tartják, figyelmes vizsgáló minden órában átlagosan 5—8 hullócsillagot vhet észre. De minden évben sokkal tömegesebben mutatkoznak augusztus 7-dike és 13-dika között, november 17-kén, továbbá július 25—30 és október 17—20 napjain.

A hullócsillagok tehát apró bolygócskák, bolygóféle tömegcskék, melyek a nehezkedés törvénye szerint a Nap körül keringnek s időnként a földpálya síkját szegik. Így a Föld vonzási körébe jutván, a légkörnyön át roppant sebeséggel rohannak, ekkép meggyuladnak és égnek, sőt legtöbbször teljesen elég és nyom nélkül eltűnik, és csak fénye által tűnik fel. Hogy bizonyos időszakokban, pl. augusztusban és novemberben nagyobb mennyiséggel mutatkoznak, annak oka az lehet, hogy a Nap körül keringő testecskek különösen azon helyeken vannak sűrűn összehalmozva, mely helyeket a keringő Föld az illető hónapokban és napokban elfoglal. Lehet, hogy számtalan világtérbeli testecske úgy van elhelyezve, hogy mintegy széles gyűrűt képezve kering a Nap körül, s meglehet, hogy e pályagyűrűben egyenlőtlenül vannak felosztva, itt sűrűbben, ott gyérebben vannak összehalmozva. Ebből azután az következne,

hogy az említett időszakokban sem mutatkoznának évenként egyenlő mennyiséggel. Bizonyosan nappal is hullanak le csillagok, de a Nap fénye miatt nem látjuk.

Igen hihető, hogy a néha ezrenként felvillanó hullócsillagok lényegökre nézve megegyeznek a *tűzgömbökkel* és *meteoritokkal*, melyek általán véve sokkal ritkábban mutatkoznak. A hullócsillagok nagysága különböző, s alig lehet szoros határt vonni köztük s a kisebb nagyobb tűzgolyók között. Ezek is oly gyorsan mozognak mint a hullócsillagok, s gyakran ezeknek kíséretében jelennek meg. Rendesen tetemes magasságban világos, csakhamar meggyúló felhőske mutatkozik; ebből égő gömbölyű tömeg válik ki, mely nagy sebesen mozogva tűzgömbbé alakul. Ennek rendesen csóvája van; ez a gömbből kiinduló lángokból áll, melyek hátra felé kihegyesednek, s hátrább, füst és gőz fellebbe mennek át; néha az égő nagyobb tömeget kisebb elkülönített darabok kísérik, melyek azután kisebb tűzgömbökké alakulnak. Végre a fényes tűneményből nagy durranás hallatszik, a tüzes gömb rémitő dőréjjel szétrobban köröskörül megrázkódtatva a levegőt; s ekkor kisebb nagyobb *ködarálok* hullanak le. A dőrej néha sok mfdnyi területen hallatszik és sokkal erősebb, mint az ágyúdörgés, olykor perczekig tart. Néha nem hallatszik ily durranás, vagy azért, mivel a nézők igen messze voltak a tűneménytől, vagy azért, mivel a tűzgömb csakugyan nem robbant szét s nem hullott a Földre, hanem tovább rohanva folytatta keringését.

A tűzgömbök rendesen a láthatárra többé kevesbbé hajlott pályán mozogva nagy területeken futnak el. Magasságuk átlagosan 10—15 mfd. 1776 marc. 31. egész Olaszországban s majdnem egész Németországban láttak egy tűzgömböt, mely egy percz alatt mintegy 40 mfdnyi utat futott meg, tehát százszor nagyobb sebességgel mozgott mint a legerősebb vihar. Látszatos nagysága akkora volt, mint a teljes Holdé.

1863 okt. 14. az athénei csillagvizsgáló intézet igazgatója reggeli 3 órakor egy pompás tűzgömböt látott. Elsőben mint hullócsillag a Nyúl és Galamb csillagzatok között mutatkozóék, csakhamar fényesebb volt mint a Sziriusz, színe világossárga levén. Eridanusz csillagzaton át kelet felé vonult, oly fényt árasztva, hogy a csillagok mind elhomályosodtak; Athéne városa, a föld és tenger úgy látszott, mintha roppant tűzvész által világíttatnék. Az Akropolisz és Parthenon zöldesszürke tömege aranyzöld háttérből vált ki.

Távcsövön át tekintve nem egyes fényes testnek, hanem két sárga-zöld tűzgömbnek látszott, melyek alakja hosszúra nyúlt csepphez hasonlított; a nagyobbik tűzgömb előlment, a kisebbiket veres szalag követte, melyben apró fényes testek mint szikrák voltak elszórva. Utoljára a meteor 4 vagy 5 sötétveres darabra látszott oszlani s azután zörej nélkül eltűnt.

A tűzgömbök szétrobbanásakor gyakran kisebb nagyobb kö és vasdarabok hullanak le; ezek a *meteorkövek*. Az ókorban nem kételkedtek azon, hogy az égből hullanak le, s azért néhol isteni tiszteletben részesíték. Így Galatiában Kybelét, az istenek anyját, ily fekete meteorkő képében tisztelték. A rómaiak 203-ban K. e. Rómába vitették, mert az orakulum azt állította vala, hogy az minden ellenséget távol fogna tartani a várostól. Siriában Emeza városban a Napot tisztelték egy az égből lehullott meteorkő képében; ezt Heliogabalus császár vitette Rómába. E város régi szentsége, az Antilla, is pajzsalakú meteorkő volt. A Mekkában levő kába is meteorkő.

Chladni volt az első, ki 1794-ben a tudósok figyelmét a meteorkövekre fordítá, s azt állítá, hogy nem földi, hanem idegen világtestek. Csakhamar ezután (1794 jun. 16.) Siena olasz város határában hullt le egy meteorkő; 1795 decz. 13-kán Angliában Yorkshire-ben, továbbá 1798 decz. 13-kán Indiában Benaresz mellett szétrobbanó tűzgömbökből hullottak le^e meteorkövek. 1703-ban, april 26. Franciaországban Aigle mellett mutatkozott egy tűzgömb, melyből egész köeső hullott le. 1800-tól 1854-ig 115 eset fordult elő, melyekben a Föld különböző vidékein láttak meteorkövet lehullni; de hányszor történhetett, hogy a meteorkövek a tengerbe vagy oly vidékeken estek le, hol senkisémet vette észre s honnan senkisémet közlötte a tudós világgal?

A meteoritek általában két osztályba, a *meteorkövek* és *meteorvasak* osztályába foglalhatók. Amazok gyakoribbak.

Most csaknem általános azon vélemény, hogy a meteoritek és a levegőben teljesen elégő hullócsillagok közös származásúak, úgy mint a nagy égi testek a világtérben mozognak, és csak akkor esnek a Földre, ha ennek közelébe jutván általa erősebben vonzatnak, mint a szomszéd világtestek által.

A naprendszerhez tartozó égi testek rövid ismertetése után e helyen a Napra és bolygókra vonatkozó fő adatokat egybeállítjuk.*)

	Közép távolság a Naptól	Keringési idő (csillagi)	Keringési sebesség 1 másod-perczben	A pálya ferdesége a föld-pályára	Átmérő mfd	Felület nagysága a Földét 1-nek véve	Térfogat a Földét 1-nek véve
Nap ☉	—	—	—	—	193,030	12,593	1.413,700
Merkur ♀	8 m mfd	87.908 nap	6.62 mfd	7° 0' 77"	670	0.16	0.06
Venez ♀	15	224.695	4.84	3° 23' 34"	1666	0.94	0.91
Föld ☉	20.6	365.242	4.12	—	1719	1	1
Hold ☾	—	27.321	0.16	5° 8' 39"	468	0.07	0.02
Marsz ♂	31	686.929	3.34	1° 51' 2"	938	0.30	0.16
Jupiter ♃	107.5	4332.584	1.61	1° 18' 40"	20.004	129.3	1469.8
Szaturusz ♄	196	10759.219	1.33	2° 29' 28"	17,214	93.6	905.9
Uranusz ♅	402	30686.62	0.94	0° 46' 29"	8226	21.4	98.9
Neptunusz ♆	621	60117.37	0.75	1° 47' 1"	7653	19.8	88.3

	A Földtől való távolság		Tömeg, a Földét 1-nek véve	Tömöttség a vizét 1-nek véve	A testek esése az első másod-perczben	A Földön egy fontot nyomó test nyom
	Legkisebb millió mfd	leg-nagyobb millió mfd				
Nap	20.33	21.03	354,020	1.44	129.9 p. láb	28.46 fontot
Merkur	11	31	0.08	7.97	8.3	0.55
Venez	5	36	0.86	543	13.9	0.92
Föld	—	—	—	5.68	15.0	1.00
Hold	—	—	0.123	3.4	2.5	0.16
Marsz	8	55	0.12	4.19	6.1	0.40
Jupiter	81	134	338	1.32	34.6	2.29
Szaturusz	165	229	101	0.64	12.6	0.83
Uranusz	357	436	17	0.98	11.3	0.75
Neptunusz	594	648	18	1.15	13.7	0.90

A bolygók távolságaiban a Naptól bizonyos szabályszerűség mutatkozik. Ha a Merkur távolságát 8 millió mfdre tesszük, a következő bolygók távolságát ekkép találjuk meg, hogy a 8-hoz 1-szer, 2-szer, 4-szer, 16-szor, 32-szer, 64-szer, 128-szor 6-ot adunk hozzá. Így e számok támadnak: 8, 14, 20, 32, 56, 104, 200, 392, 776.

Azon számarányokat *Titius* és *Bode* állíták fel, s következő módon is lehet kifejezni, ha Merkuriusz távolságát 4-re tesszük:

*) *Littrow* kimutatását közöljük e helyen; más kimutatások egyik másik adatra nézve némil g eltérnek. *Secchi* a Nap átmérőjét 1.429.500 kilométerre = 193.000 mfdre, térfogatát 1.259.712-szer nagyobb a teszi, mint a Földét.

Merkur	4		
Venusz	4 +	$1 \times 3 =$	7
Föld	4 +	$2 \times 3 =$	10
Marsz	4 +	$4 \times 3 =$	16
Planetoidok	4 +	$8 \times 3 =$	28
Jupiter	4 +	$16 \times 3 =$	52
Szturnusz	4 +	$32 \times 3 =$	100
Uranusz	4 +	$64 \times 3 =$	196
Neptunusz	4 +	$128 \times 3 =$	388

E számok azonban csak megközelítőleg fejezik ki a bolygók távolságait.

A naprendszer keletkezése. Valamennyi bolygó az állatkör övében (l. 38. lapot) kering, még pedig nyugatról délen át keletre; a mellékbolygók is nyugatról keletre menve keringnek illető főbolygók körül s ezekkel együtt a Nap körül; s végre maga a Nap és minden bolygó tengelye körül is nyugatról keletre menve forog. Ez egyezés arra látszik mutatni, hogy a Nap és bolygók közös és egyenlő eredetűek.

A tudósok úgy vélik, hogy az egész anyagtömeg, melyet a naprendszer egyes tagjai magokban foglalnak, eredetileg egyenletesen volt felosztva a világtérben s roppant nagy gömböt képezett, melynek hőmérséke oly nagy volt, hogy minden anyagrésze lég-nemű állapotban volt. A gáz- vagyis lég-nemű gömb a világtérben mozgott s tengelye körül is forgott, nyugatról keletre. Olyforma világító ködtömeg volt, minőket az égnek némely vidékein még most is láthatunk. Egyes részecskéi egymást kölesönösen vonzották, ennél fogva lassankint mind jobban összehúzódtak, mind sűrűbbek, tömöttebbek lettek. Az egész gömbnek hőmérséke lassankint csökkent, mert melegsége folyvást kisugárzott belőle. E kihülése következtében is mind tömöttebb lett a gömb anyaga. Az összehúzódás és tömörülés következtében a gömb mind nagyobb sebességgel forgott. Mert minden forgó testben a forgási tengelytől legtávolabb eső részek legsebesebben, ellenben a tengelyhez legközelebb eső részek leglassabban forognak. Midőn tehát a tengelytől legtávolabb eső részek a gömb összehúzódása következtében a tengelyhez közelebb jutottak, eredeti nagyobb forgási sebességüket a tengelyhez közelebb eső részeknek is kölesönözték. Erről igen egyszerű kísérlet által meggyőződhetünk. Ha egy szálhoz kötött golyót körben forgatunk s e közben a szálát megrövidítjük, a golyó forgási sebessége szemlato-

mást növekszik. Ha igen sebesen forgatjuk a golyót, megeshetik, hogy a szál elszakad, s a golyó elrepül. Mert a forgási mozgás a forgatott testben az úgynevezett *röp-erőt* ébreszti fel, melynél fogva a tengelytől, a forgási középponttól eltávolzni törekszik. S minél sebesebb a forgás, annál erősebben hat a röp-erő. Ha tehát a világ-térben forgó gázgömb forgási sebessége nőttön nőtt, végre ott, hol a forgási sebesség legnagyobb volt, t. i. a gömb egyenlítője táján, egyes tömegeknek a röp-erőnél fogva el kellett válniok a gömbtől. Az elvált tömeg megtartva eddigi mozgását a megmaradt gömb körül keringett nyugatról keletre, s részecskéinek kölcsönös vonzásánál fogva, gömbbé alakult, mely nyugatról keletre tengelye körül is forgott. Mert a különvált tömegben is a legszélsőbb részek legnagyobb, a belső részek pedig legkisebb sebességgel mozogtak nyugatról keletre, tehát a szélső részek megelőzték ez irányban a belső részeket, azaz tengely körüli forgást okoztak az elvált gömbben.

Az ily elválások ismétlődtek, s mindig az eredeti nagy gömb egyenlítője táján, hol a röp-erő legerősebben hatott. Innen van, hogy az elvált tömegek, a bolygók, keringési pályái majdnem egy síkba esnek, mely a megmaradt gázgömbnek, t. i. a Napnak egyenlítőjéhez közel csik. A keringés meg forgás irányai is azért egyeznek meg s a bolygók forgási tengelyei azért majdnem egyenlőzűek egymással és a Nap tengelyével. Ha valamely elvált bolygónak egy része utóbb ismét elvált, ebből mellékbolygó támadt.

Hogy az itt leírt lefolyás lehetséges, azt legelsőben egy francia tudós, *Plateau* kísérlet által is bizonyítja be. Üveg edénybe vizet és alkoholt tett, oly arányban, hogy a vegyítéknek fajsúlya éppen akkora volt, mint a faolajé. Azután a vegyítékbe nagy óvatossággal egy kis faolajt tett, mely legott gömbbé alakult. Mihelyt a vegyítéken úszó két olaj gömb egymással érintkezik, legott egy gömbbé olvad össze. Ha azután forgatható tengelyen megerősített kis korongot veszünk s ezt úgy helyeztük az edénybe, hogy a korongoska az olajgömb közepén átmegy, akkor a tengely forgatása által az olajgömböt forgásba tehetjük. Egyenletesen, de lassan forgatván a tengelyt, az olajgömb a tengely irányában lelapul, az egyenlítőjén pedig széthúzódik, felduzzad. Ha most lassankint az olaj gömböt sebesebben forgatjuk, egy gyűrű válik el tőle, mely forgását a gömb körül folytatja, sőt, ha a gömböt sebesebben forgatjuk, a gyűrű szintén sebesebben forog s végre szétszakad. Az elszakadt

olaj gyűrű minden részéből új gömböcske támad, mely a nagyobb gömb körül kering s a maga tengelye körül is forog. Ha a nagy olaj gömböt mindjárt sebesen forgatjuk, akkor a tőle elvált részek nem gyűrűt képeznek, hanem legott gömbökké alakulnak; elsőben nagyobb, azután mind kisebb gömböcskék válnak el a sebesen forgatott olaj gömbtől. E kísérlet mutatja, hogy a forgásban levő nagy gázgömbtől csakugyan elválhattak kisebb nagyobb tömegek, melyek új gömbökké alakulván, a megmaradt gömb körül keringtek és tengelyeik körül is forogtak. Gyűrű is válhatott el, a mint Szaturnusz körül csakugyan gyűrűk is keringenek. Természetes, hogy a legnagyobb s legtávolabb eső bolygók, Neptunusz, Uranusz, Szaturnusz és Jupiter legelsőben s akkor váltak el, mikor a roppant gázgömb anyagának tömötsége még csekély volt, azért az említett bolygók tömötsége is kisebb mint a Naphoz közelebb eső, s tehát később elvált bolygóké. A Nap a megmaradt gázgömb, mely az egész rendszernek mintegy magva volt. Anyaga talán még folyvást tömörödik, s azért még folyvást roppant hőmennyiséget áraszt-hat ki, a nélkül, hogy hőmérséke csökkenne.

Az üstökös csillagok és meteoritek vagyis aszteroidok a naprendszerbe talán csak ennek megalakulása után jutottak. Az üstökösök pályái nincsenek az állatkör övéhez kötve, többnyire azon kívül esnek, pályáik ferdeségei a Föld pályájának síkjára nézve nagyon különbözők, keringésök iránya is gyakran ellenkező, kelet-ről nyugatra menő. Így látszik tehát, hogy az üstökösök a világtérnek más vidékeiből csapongnak át a Naprendszerbe s ebben vagy csak vendégekként mutatkoznak, vagy a Nap és bolygók vonzása által maradandólag visszatartatnak. A meteoritek vagy valamely bolygóknak töredékei, vagy világtestek, melyek szintén idegen vidékekből kerülnek a naprendszer vidékébe.

II. A bolygók mozgásainak törvényei.

Ptolemaeusz rendszere. A régi népek úgy vélték, a Föld az egész világnak nyugvó központja, mely körül az égi »erősség» (firmamentum) csillagjaival egyült naponként egyszer fordul meg. Észrevették, hogy a Holdnak, a Napnak s néhány csillagnak még más mozgásuk is van. A Hold járását legkönnyebben figyelhették meg s azért e szerint osztották fel az időt hetekre (a fényváltozások szerint), hónapokra (a négy fényváltozás időköre) és évekre. Lát-ták, hogy a Hold hétről hétre más-más alakot mutat s egyúttal

mind odább keletre halad az egen, míg nem egy esztendő múlva ismét oda jut, honnan kiindult vala. Az állócsillagokat, melyek mellett a Hold évi útjában elhaladni látszik, 12 csillagzatba foglalták, melyek, mint tudjuk, az állatkör csillagzatai.

Később a Napnak is meghatározták látszatos járását. Május első felében pl. észrevették, hogy az esti alkonyban leáldozó Nap mögött a *Bika* csillagzat homlokában levő *Aldebaran* csillag mutatkozik, mely azután néhány napig nem látható, míg nem május vége felé hajnalban a felkelő Nap előtt jelent meg ismét. Ebből következtették, hogy a Nap május hónap alatt a *Bika* csillagzaton halad át kelet felé. Juniusban az *Ikrek* csillagzatához tartozó *Castor* csillagot a lemenő Nap mögött s július elején a felkelő Nap előtt látták. A következő hónapokban a *Rák*, *Oroszlán*, stb. csillagzatokra nézve tapasztalták, hogy a Nap keletre menve halad el mellettük. Tehát azt köveztették, hogy a Nap is, úgy mint a Hold nyugatról keletre járva az állatkör csillagzatain halad keresztül, s hogy körfutását körülbelül 365 nap alatt végezi.

Hasonló módon még a Merkúr, Venusz, Mársz, Jupiter és Szaturnusz járásait is meghatározták.

E csillagok útjai szintén az állatkör övében maradnak, noha körfutásaikat különböző időközök alatt végezik. Azokat a csillagokat, melyek az égi »erősséggel« közösen végezett naponkénti keringésen kívül még más, keletre irányzott mozgást tesznek, *bolygóknak*, *vándorcsillagoknak* (planeta) nevezték. A régiek tehát hét bolygót ismertek, t. i. a Holdat, Merkuriuszt, Venuszt, Napot, Márszt, Jupitert és Szaturnuszt. Látták, hogy mindegyikük külön-külön mozgásokat tesz, s a hét bolygó hétféle pályájához még az egész égboltozat keringése járult.

E különböző mozgások megfejtésére a görög bölcsek és csillagászok sokféle rendszert gondoltak ki. *Pythagorasz* és tanítványai már gyaníták, hogy a világegyetemben határozott rend és rendszer uralkodik, s azért *koszmosznak* nevezték, mely szó rendezett, ékes dolgot jelent. A világ középpontjába az őstűzet, az örök világosságot helyezték, mely körül, úgy vélték, mint első bolygó az Ellenföld (*Antichthon*), mint második bolygó a Föld, mint harmadik bolygó a Hold, ezentúl a Nap s többi bolygók keringenek. A Földnek megnépesített része mindig el van fordítva az Ellenföldtől és őstűztől, azért az emberek ezt s az első bolygót nem láthatják. A Nap, mint kristályféle lencsealakú test s a Hold felfogják a köz-

ponti tűz fényét s a Földre sugározta, és így az ember szemébe vetik vissza. — Pontusi *Heraklidesz* és *Ekphantusz*, Pythagorasz egyik követője, a Földet ismét a világ középpontjába helyezték de, a csillagok napi körfutását látszatnak tartván, azt a Föld tengelye körüli forgásából magyarázták meg. Szamoszbeli *Arisztarchusz* (260 táján K. előtt) és babilonbeli *Szelenkusz* még határozottabban állították, hogy a Föld forog s hogy a Nap képezi a bolygók középpontját. E nézetekben *Kopernikus* heliocentrikus rendszerének, mely szerint t. i. a Nap áll a központban, első csiráit találjuk. De a legjelesebb görög tudósok, mint *Arisztotelesz*, *Hipparchusz*, *Archimedesz*, *Ptolemaeusz* kikelték e nézetek ellen s bizonyították, hogy a Föld nem foroghat és nem keringhet a Nap körül.

Eudorusz Knidusból 367 táján K. e. a Földet a világ nyugvó középpontjának tartván, a bolygók mozgásainak különbözőségét és látszatos szabálytalanságát akkép igyekezett megmagyarázni, hogy minden bolygónak több kevesebb átlátszó *szphaerát*, azaz *gömbhéjat* tulajdonított, melyek egyközepűek ugyan, de különböző módon mozognak s a bolygók mozgásait közvetítik. A Napnak és Holdnak három-három, a többi öt bolygónak négy-négy ily gömbhéjat tulajdonított, összesen tehát 26 *szphaerát* vett fel. *Kalippusz* a Nap, Hold, Merkuriusz, Venusz és Mária mozgásaiban új szabálytalanságokat fedezett fel, s azért mindegyiknek még két-két új gömbhéjat kölcsönzött. Végre *Arisztotelesz* *Kalippusz* 33 gömbhéját még 22-vel toldá meg s tehát 55 előre és hátra mozgó gömbhéj segítségével magyarázta meg a bolygók keringéseit.

A *szphaerák* e bonyolódott és mesterkéltszerű rendszerét *Apollóniusz* Pergából forgatá fel (222—205 K. előtt), midőn tanítá, hogy a bolygók a szabad világtérben csak egyszerű köröket írtak meg. Úgy képzelte magának a dolgot, hogy a bolygók keringési pályáinak központja a világ középpontján kívül esik, s hogy a bolygók nem e középponton kívüli körben, hanem e körön való körökben, *epicyclusokban* mozognak. E szerint tehát a bolygók csavaralakú körökben keringenek, melyeknek középpontjai a világ középpontján kívül levő körben mozognak előre, s így magyarázható meg látszatos hátramenésük vagy egy helyben való veszteglésük.

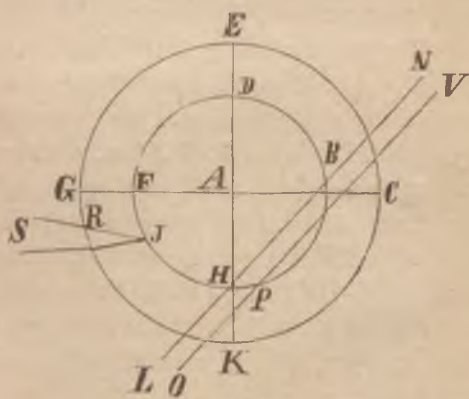
Apollóniusz e nézetét a bolygóknak a világ középpontján kívül eső körön való *epicyclikus* mozgásairól fogadta el *Hipparchusz* és azután *Ptolemaeusz* is, ki (77—165 K. után) azt még jobban fejtette ki. S ez azon tan, melyet *Ptolemaeusz világrendszere*nek

neveznek s melyhez a 17-dik századig ragaszkodtak az emberek. Ez a *geocentrikus rendszer*, mely szerint a világ nyugvó középpontja a Föld.

Kopernikusz rendszere. *Kopernikusz* (tulajdonképen *Köpernik*) a bolygók mozgásainak látszatos szabálytalanságain törí vala fejét, midőn eszébe jutván némely görög és római író azon állítása,*) hogy a bolygók keringéseinek középpontja nem a Föld, azt kezdé vizsgálni, milyen alakot mutatnának a bolygók keringési pályái, ha a Napról nézhetnők. S íme csakhamar meggyőződék arról, hogy a bolygók pályái és mozgásai a Napról mint középpont-ról szemlélve oly szabályosak és egyszerűek mint a Nap és Hold pályái a Földről szemlélve. Tehát a geocentrikus rendszerrel szakítva az új igazságot hirdeté, hogy a *bolygók a Nap körül keringenek s kör alakú pályákat futnak; hogy a Föld is ily bolygó s ennél fogva szintén a Nap körül kering.* A Föld körül csak a Hold kering, de ezt kísérve a Napot is futja körül; a Hold azért alárendelt bolygó.

Hogy a bolygók mozgása annak, ki a Földről szemléli, szabálytalannak látszik, s majd balról jobbra, vagyis nyugatról délen át keletre, majd megfordítva keletről nyugatra menőnek tetszik, ezt Kopernikusz igen természetesnek találta, s minden mesterséges gépezet nélkül magyarázta meg.

Tegyük, hogy *CEGK* a Földnek, *BDFH* a Venusznak pályája *A* körül, mely a Napot jelenti. Mind a Föld mind a Venusz keletre menve kering a Nap körül, tehát a körök bettírendjében. Ha egymással szembeállnak (Oppositóban) azaz oly helyzetben vannak, hogy közéjük egyenes vonal-



22. idom.

ban a Nap esik, akkor a Venusz mozgása a Földről tekintve jobbra

*) Kopernikusz tudta, hogy Martianus Capella állítá, hogy a két belső bolygó, a Venusz és Merkúr a Nap körül kering; hogy Heraklidesz, Ekphantusz és Hiketasz állították, miszerint a Föld forog.

lútónak (keletremenőnek) tetszik. Mert midőn a Föld G -ből K ponton át C pontba, s a Vénusz B ből D ponton át F pontba halad, az utóbbinak mozgása mindenestre keletre menőnek mutatkozik. Ámde a Vénusz nem maradhat mindig szembenállásban a Földdel, mert sokkal gyorsabban végzi keringését. Kölesönös állásuk ennél fogva megváltozik s bizonyos időben úgy állanak, hogy egymás mellé esnek, a Nap pedig mögējök vagy mellējök jut, azaz *együttállásban* (Conjunctióban) vannak. Legyen pl. a Vénusz F -ben s a Föld G -ben, amaz F -ből H ba jusson, míg emez G -ből L -be halad. Akkor a Földről szemlélve úgy fog nekünk tetszeni, mintha a Vénusz a GC irányból az LHN irányba jutott volna. G -ből tekintve C -ben, L -ből tekintve pedig N -ben látjuk a Venuszt, tehát úgy látszik nekünk, mintha a Vénusz C -ből csak N -ig jutott volna. Ha azután a Föld L -ből O -ig, a Vénusz pedig H -ből P -ig halad, akkor O -ból tekintve úgy látszik, mintha a Vénusz hátra felé N -ből V -be mozgott volna, vagy pedig úgy is látszhatik, mintha a Vénusz egy helyben vesztegelt volna, mivel a Földünkről az ég felé vont egyenközi vonalok mindig egyazon égi pontra érnek.

A mi a Vénusz mozgásáról áll, az a Merkuriuszéra is alkalmazható. E két bolygó közelebb esik a Naphoz, mint a Föld, azért *alsó bolygóknak* nevezik. De nemcsak az alsó, hanem a távolabb eső *felső bolygók* látszólagos hátramenése és veszteglése is hasonlóképen magyaráztathatik meg.

Tegyük most, hogy $BDFH$ a Föld pályája s $CEGK$ távolabbi bolygóé, pl. a Márszé. Ez esetben is a két bolygó a különböző keringési sebességénél fogva majd szemben majd együtt fog állni egymással. Legyen a Föld F -ben, a Mársz pedig E -ben; ha most a Föld F felé halad, a Mársz R -ig jut, mi azt FR irányban látjuk, míg az első állással FG iránynyal egyenközüleg TS irányban gyaníthatnók. Tehát úgy fog nekünk látszani, mintha Mársz *hátrább* ment volna. Ha pedig a Föld H -ban s a Mársz L -ben lett, s azután a Föld P -be s a Mársz O -ba jutott volna, úgy tetszenék nekünk, mintha a Mársz épen nem is mozdult volna, mivel HL és PO vonalok egyenköziök.

Kopernikusz elsőben Rómában tanítá a csillagászatot, azután Németországban Frauenburgban élt. Rendszerének alapgondolatai már 1500-ban villantak meg agyában; vizsgálódásait és kéziratát 1530-ban fejezé be. De ezt valamely barátja csak 1543-ban nyomatá ki Nürnbergben, kevéssel halála előtt.

A munka III. Pál pápának volt ajánlva. Ez keményen kárhoztatá és parancsolá, hogy semmisíttessék meg. Ámde a munka 1566-ban Bázelen s 1617-ben Amsterdamban nyomaték újra. A benne hirdetett igazságokat a pápák egészen 1821-ig kárhoztaták el újra meg újra.

Kopernikusz rendszerét, mely szerint a bolygók s a Föld is a Nap mint állócsillag körül keringenek, *Tycho de Brahe* is megtámadá, s új nagyon mesterkéltszert gondolt ki. E szerint a bolygók ugyan a Nap körül keringenek, de a Föld nem bolygó, hanem oly központ, mely körül a Nap kering kísérve a bolygóktól.

Kepler törvényei. Newton elmélete az általános nehézségről. *Tycho de Brahe* Prágában élt és működött Rudolf császár és király udvarában. Segédje *Kepler* volt. *Tycho* a maga rendszerét észlelések és számítások által akarta bebizonyítani. E végre *Marsz* bolygó keringését nagy szorgalommal észlelgette s figyelései-nek és méréseinek kiszámítását *Keplerre* bízván, 1601-ben elhunyt. Hivatalbeli utódává *Kepler* lett; ez a *Marszra* vonatkozó számítgatásainak eredményét 1609-ben bocsátá közre. Őszintén megvallá, hogy *Tycho* figyelései és mérései inkább *Kopernikusz* rendszerét igazolják. Azóta sok üldöztetést és nyomorúságot kellett szenvednie, mindazáltal ernyedetlen szorgalommal folytatá vizsgálódásait, s végre kutatásainak fő eredményeit a következő három szabályba foglalá egybe:

1) *A bolygók keringési pályái nem körök, hanem kerülékek, melyeknek egyik gyújtójában a Nap áll.*

2) *A vezérsugár (a keringő bolygó középpontját a Nap középpontjával összekapcsoló vonal) egyenlő időközökben egyenlő területeket (egyenlő nagyságú kerülékkivágásokat) fut meg.*

3) *Az egyes bolygók keringési időinek négyzetei úgy viszonylanak egymáshoz, mint a Naptól való távolságaik köbszámai.*

Kepler e tételeivel részint megigazítá, részint kiegészíté *Kopernikusz* tanítását. Észleléseiből következteté azokat, de tudományosan bebizonyítani még nem tudta, mert még nem gyanítá, hogy micsoda erők szabályozzák az égi testek mozgásait.

Galilei 1610-ben a távcsövet (messzelátót) találá fel s legott jelentős felfedezéseket tön segítségével. Fölismeré, hogy a Hold felületén hegyek és völgyek, a Napon foltok vannak; felfedezé *Jupiter* négy holdját s a *Merkuriusz*, *Venusz* és *Marsz* fényváltozá-

sait. Kepler harmadik szabályát Jupiter holdjaira alkalmazván, úgy találá, hogy azokra nézve is érvényes. Vizsgálódásai és felfedezései teljesen győzték meg Kopernikusz rendszerének helyességéről. De ebbeli meggyőződését csak leplezetten adá elő „*Párbeszéd*“ (dialogus) című munkájában. Három személyt beszéltet abban: az egyik Ptolemaeus, a második Kopernikusz rendszereit védi, a harmadik személy pedig a szentírásból vett érvekkel mind Ptolemaeus mind Kopernikusz rendszerét czáfolgatja. E munkája miatt Galilei 1633-ban Rómába idézik s faggatások és kínzások által a következő nyilatkozatra kényszeríték:

„Én Galilei, ki 70 éves koromban személyesen jelentem meg a szent törvényszék előtt, térdre borúlva és szememet a kezemben levő szent evangéliumokra fordítva kijelentem és eskítvel erősítem, hogy a Föld mozgásáról való tanítást elvetem, kárhoztatom és elátkozom, mint a mely képtelen, hamis és eretnek tan, s ezt tisztá szívvel és igaz lélekkel cselekszem.“

Galilei erre nemsokára meghalt, de ugyanez évben, t. i. 1642-ban *Newton Izsák* születék, ki azután Kopernikusz, Kepler és Galilei tanításait tökéletesen igazolta.

Newton (olv. Njűtn) Angliában Cambridge-ben (olv. Kémbridzs) tanár volt; 1666-ban az ott uralkodó járvány miatt édes anyjához a falura ment. Egyszer a kertben mulatván, egy almát látá a földre esni. E nagyon közönséges dolog, úgy mondják, alkalmul szolgált neki, hogy arról elmélkedjék, mi az oka, hogy a fa ágáról leváló alma a Földre esik. Könnyen juthatott arra a gondolatra, hogy a Föld vonzása okozza. De *Newton* nem állapodott meg ennél. Ha a Föld az eső almát vonzza magához, alkalmasint a Holdat is vonzza. Csakugyan úgy találta, hogy a Föld a Holdat is vonja maga felé. Ha a Holdra más erő nem hatna, mely azt a Földtől eltávolítani igyekszik, az szintén a Földre esnék.

Már *Newton* vizsgálódásai előtt tudták, hogy az összes testek egymást kölcsönösen vonzzák; azt is tudták, hogy a testek egymásra gyakorolt vonzása a távolság négyzete arányában csökken, azaz kétszer nagyobb távolságban négyszer kisebb. *Newton* csak világosabban fejezte ki az általános vonzás törvényét s kimutatta, hogy e törvény nemesak az egész naprendszerben, hanem az egész mindenségben, a világ egyetemében is uralkodik.

A mi Földünkön a vonzás s ennek eredménye, a testek nehezsége s különösen súlya, az a világegyetemre nézve az általános

vonzás vagyis az általános nehézség, a nehézkedés (gravitatio). S ennek főtörvénye ez:

„A világegyetemben minden anyagi pont minden más anyagi pontot vonz, s egyszersmind minden más anyagi pont által vonzattik. A testek kölcsönös vonzásának nagysága, ereje, az anyag tömegének mennyiségével egyenes és egyszerű, a vonzó és vonzatott anyagoknak egymástól való távolságával pedig visszás és négyzetes viszonyban van.“ Azaz minél tömegesebb a test, annál nagyobb vonzást gyakorol más testre, kétszer akkora test kétszer nagyobb vonzást gyakorol. De a vonzott testre nézve a vonzatás eredménye egyenlő, akár nagyobb akár kisebb az. A Föld a kis almát s a Holdat egyenlő távolságban egyenlő erővel vonzza. De a távolság növekedtével a vonzás ereje négyzetes arányban fogy, s a távolság kisebbedése szerint négyzetes arányban növekedik.

A vonzási erő minden anyagnak közös tulajdonsága; nincs anyag, mely vonzást nem gyakorolna, s nincs vonzási erő anyag nélkül. Az anyagnak továbbá az a tulajdonsága van, hogy azt az állapotát, melyben esetleg van, megtartja, ha abban valamely külső ok vagy erő által nem háboríttatik. Ha tehát valamely anyag, test, nyugvó állapotban van, nyugalomban marad, míg más erő által ki nem zavartatik belőle, s ha valamely test egyik vagy másik irányban mozog, ezt a mozgását is megtartja, míg meg nem állíttatik, vagy más irányba nem hajtatik. Ez az anyag *tehetetlensége* (vis inertiae).

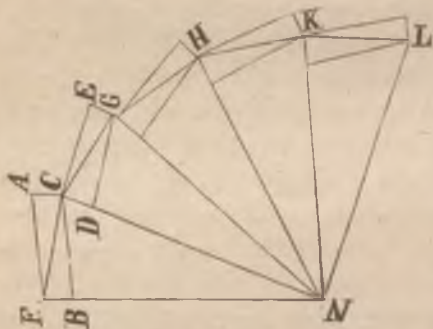
Minden gömbalakú test vonzási ereje úgy hat, mintha székhelye a középpontjában volna. A Föld, a Hold, a Nap stb. égi testek mind gömbalakúak, tehát középpontjaik felé vonzzák egymást és saját anyagrészeiket is. Valamennyi bolygó s általában minden égi test vonzza egymást s a kölcsönös vonzás és vonzattatás ereje csak az illető tömeg mennyiségétől s a távolságtól függ.

A naprendszerben a Nap uralkodik roppant nagyságánál és tömegénél fogva. Tudjuk, hogy térfogata körülbelül 1.400,000-szer, tömegének mennyisége pedig 350,000-szer nagyobb mint a Földé; sőt a Nap tömege 738 szor nagyobb mint az összes bolygók tömege együtt véve. Tehát a Nap sokkal nagyobb vonzást gyakorol az egyes és összes fő- és mellékbolygókra, mint ezek külön és együttevén a Napra.

Ha a Földre és bolygókra csakis a Nap vonzó ereje hatna, azok mind jobban közelednének a Naphoz s végre reá esnének,

vele egyesülnének. Ámde az nem történik. A bolygók meghatározott, maradandó távolságokban keringenek a Nap körül. Egy erő csak egy irányban, egyenes vonalban indíthat meg valamely testet, ha tehát a test görbe vonalban mozog, föl kell tennünk, hogy két erő hat rája különböző irányban. A bolygók görbe vonalban keringenek, tehát kétféle erő hat rájuk. Egyik erő a Nap felé vonzza, másik erő más irányban hatva a Naptól elhajtja.

Newton megmutatta, hogy micsoda irányt követ a test, midőn egy időben két erő által hajtatik, melyek egymást szegő irányokban működnek. Ily esetben a test sem az egyik, sem a másik erőnek irányát nem követheti, hanem a kétféle irány között halad. Ezt abból az idomból láthatjuk, melyet az *erők egyenközényének* (Parallelogramm der Kraefte) neveznek.



23. idom.

Legyen F -ben a test, melyre két erő úgy hat, hogy az egyik FB , a másik pedig FA irányban löki vagy vonzza. Ha a két erő nem egyszerre, hanem külön hatna, a test az FB erő által bizonyos idő, pl. egy másodperc alatt B pontba, az FA erő által pedig ugyancsak egy másodperc alatt A pontba vitetnék. De minthogy a két erő egy időben hat a testre, azért az az illető idő alatt sem A , sem B pontba nem juthat, hanem C -be kell jutnia. Ez épen oly messzire van B -től, mint A pont F -től, tehát a test útja C -ig megfelel a hatásnak, melyet az FA erő okoz. De AC egyenlő FB -vel is, tehát C pont távolsága A -tól az FB erő hatásának is megfelel. Az FBC A idomban négy szöglet s két-két egyenközü oldal van, tehát *egyenközény* (Parallelogramm), az F és C szögletesúcsokat összekapcsoló egyenes az egyenközény átszögellője vagyis szögirányos vonala (diagonalis.)

A szabály tehát ez: »Ha valamely test két erő által egymással szögletet alkotó irányokban hajtatik, az a két irányhoz képest rajzolandó egyenközény átszögellőjét követi.« Az idom szerint N -ben van a vonzó erő, mely FB irányban hat. A test, mely az első másodperczen C -be jutott, magára hagyatván, úgynevezett tehetlenségénél fogva CE irányban haladna tovább; de miután N -től D felé

vonzatik, az előbbieket szerint sem D , sem pedig E felé nem mehet, hanem az új egyenközüny átszögellőjét követve G -be jut. A harmadik másodperczen ugyancsak a két erő együtthatása következtében GH , a negyedikben HK átszögellőt követi stb. Így tehát a test N vonzó pont körül kering, csak hogy a két erő folytonos hatásánál fogva az egyes egyenközünyek végtelen kicsinyek s átszögellőik nem szakadozott egyenes, hanem folytonos görbe vonalok.

Említettük már, hogy az erőt, melynél fogva a test a pillanatnyi lökés után egyenes vonalban, pl. a feljebbi idom szerint FA , CE stb. irányban haladni törekszik, *röp-erőnek* vagy *érintői erőnek* (Fliehkraft, Schwungkraft, Tangentialkraft), a másik erőt pedig, mely a testet N pont felé vonzza, *középre tartó erőnek* (Centralkraft, Centripetalkraft) nevezzük. Az érintői erő a forgás vagyis inkább a keringés által idéztetik elő, s annál nagyobb, minél sebesebb a keringés. Minthogy pedig az érintői erő nem engedi, hogy a test a vonzó N mint középpont felé rohanjon vagy essék, azért *középfutó erőnek* (Centrifugalkraft) is mondjuk. Az említett erőket együttvéve *középponti erőknek* s az általuk támasztott mozgást *középponti*, vagyis *középpont körüli mozgásnak* nevezzük.

A Föld ily középponti mozgást tesz a Nap körül. A Nap folytonosan magához vonzza, de a keringés által támasztott középfutó erő nem engedi, hogy a Nap felé rohanjon, tehát a két erő szög-irányai egyenközünyének átszögellőjét követi.

A Hold a Föld körül tesz közzépponti mozgást. A Föld vonzása a felületén levő testekre akkora, hogy ezek, mikor szabadon esnek, az esés első másodpercében körülbelül 15 lábat vagyis 4.903 metert csnek A következő időszakaszokban, másodpercekben mind gyorsabb sebességgel esnek, mert a Föld vonzása folytonos. Tudjuk, hogy mekkora távolságban vannak a Föld felületén levő testek a Föld középpontjától, mint a vonzási erő székhelyétől. Ha pontos figyelések által meghatározhatjuk, hogy a Hold bizonyos idő, pl. egy másodperc alatt mennyit esik a Föld felé, ebből meghatározhatjuk, micsoda távolságban van a Hold a Földtől. S megfordítva, ha a Hold távolságát ismerjük, meghatározhatjuk, mennyit esik az bizonyos idő alatt a Föld felé, ha t. i. áll a törvény, mely szerint a vonzás a távolság négyzetes arányában csökken. Newton így találta, hogy a Hold egy másodperc alatt 0.0042 lábat vagyis 0.0014 metert esik a Föld felé, tehát 3600-szor kevesebbet, mint a Föld felületén levő testek. S ez tökéletesen meg-

egyez a ténynyel, mely szerint a Hold a Föld középpontjától 60-szor nagyobb távolságban van, mint a Föld felületének bármely pontja.

A Föld vonzása tehát a Hold távolságában még csak akkora, hogy valamely testet az esés első másodpercében $1\frac{5}{3600}$ lábnyi esésre bírja. E sebességgel kezd a Hold esni, már pedig az esési sebesség a Galilei által felfedezett törvény szerint az elmúlt időmozzanatok négyzetes arányában növekedik. Ha tehát a Hold az első másodperczen $1\frac{5}{3600}$ lábat esik, 60 másodperc vagyis 1 perc alatt 3600-szor akkorát, azaz 15 lábat, 60 perc vagyis 1 óra alatt 3600-szor 15 lábat, azaz $\frac{9}{4}$ mfidet s 24 óra alatt 24×24 vagyis 576-szor $\frac{9}{4}$, azaz 1216 mfidet fog esni. Ez majdnem $\frac{3}{2}$ földi félátmérő. E szerint a Hold 6 nap alatt 36-szor s 7 nap alatt 49-szer $\frac{3}{2}$, azaz 54 s illetőleg $73\frac{1}{2}$ földi félátmérőt esnek, vagyis más szóval, a Hold a Föld vonzásánál fogva 6 nap alatt mostani távolságából majdnem a Föld középpontjáig esnek.

Ámde a Hold forog és kering s így a vónzási vagyis súlyerőn kívül a röp-erő is hat rája, mely azt pályája érintőjének irányában a vonzó erő irányától eltávolítani igyekszik. Ha a kétféle erő folytonosan egyenlőn hatna a Holdra, ez tökéletes körben keringne a Föld középpontja körül. Minthogy azonban majd a súlyerő, majd a röp-erő némi túlsúlyban van, azért a Hold keringési pályája nem lehet kör, hanem kerüléknek kell lennie. Mert midőn a vonzási erő túlnyomó, akkor a Hold jobban közeledik a Földhez, s midőn a röp-erő túlnyomó, jobban távozik attól. Szoros vizsgálódás arra az eredményre visz, hogy a Hold pályája egyik felében folytonosan közeledik a Földhöz, másik felében pedig ismét folytonosan távozik attól. Tehát pályája kerülék, melynek egyik gyűpontjában a Föld van.

A mi a Holdra nézve a Föld tekintetében áll, az a Földre és többi bolygókra nézve a Nap tekintetében is áll. Ekkép Newton behizonyítá, hogy a mellékbolygók főbolygói s az összes bolygók a Nap körül kerülékes pályákon keringenek.

A pályák nem egyszerű kerülékek. Az úgynevezett háborgások. Közelebről vizsgálván meg a bolygók keringési pályáit, úgy találjuk, hogy azok nem egyszerű kerülékek. Mi a mozgás? E kérdésre azt feleljük, hogy helyváltoztatás. De helyváltoztatást csak viszonyítva a környező tárgyakhoz veszünk észre, melyeket nyugvó állapotban képzelünk magunknak. Ha kirándulásból haza térünk, a városra és házra nézve, melyben lakunk, s az egész Földre nézve visszatértünk arra a helyre, honnan kirándultunk

vala. De valósággal nem érkezünk vissza a térnek azon pontjára, melyet elhagytunk vala, mert kirándulásunk alatt a Föld forgott és keringési útján is előhaladt; sőt az alatt a Nap és egész naprendszer is mozgott, megváltoztatta előbbi helyét a világtérben; a Földdel, a Nappal és egész naprendszerrel együtt városunk, házunk is a világtérnek más pontjába jutott. Ha mindezen mozgások kölcsönös befolyással volnának egymásra, egy mozgást sem különböztethetnénk meg. Ámde a valamely meghatározott téren, rendszeren, belül való mozgások nem függnék az egész rendszernek súlypontjának mozgásától. A bolygók a naprendszeren belül közös súlypont körül mozognak, melyet a mozgó bolygókra nézve nyugvó állapotban képzelhetünk magunknak. Ha a bolygók valóságos mozgását, helyváltoztatását az egész világtérre nézve akarnók meg tudni, magának az egész rendszernek helyváltoztatását is számba kellene vennünk. Ha hajó fedelén golyó gurul, a golyó mozgását közvetlenül látjuk a hajó fedelére nézve, s ha a golyó mozgásához a hajó mozgását is hozzáképezzük, a kettős mozgást a nyugvónak képzelt Földhez viszonyítjuk. Minden esetre legvilágosabban fogjuk fel a dolgot, ha minden egyes mozgást külön veszünk tekintetbe, viszonyítva a legközelebbi környezethez. Azután e környezetnek mozgását is tekinthetjük a nagyobb környezetre nézve stb.

Ekkép elsőben a Föld forgását tengelye körül tekintjük, melyet nyugvónak képzelünk magunknak; azután az egész Földet tengelyével együtt a Nap körüli pályáján kísérvük, midőn ezt képzeljük állandónak s egy helyben maradvá, végre a Föld pályájának mozgását is vizsgálhatjuk.

Midőn a Hold keringését vizsgáljuk, egyelőre a Földet nyugvónak képzeljük magunknak, s így találjuk, hogy a Hold pályája kerülek. De midőn tekintetbe vesszük, hogy a Föld is kering s vele együtt a Hold a Nap körül is fut, akkor a Hold pályája sokkal bonyolódottabb alakot vesz fel. Minden egyes bolygónak mozgása külön tekintve egyszerű, minden bolygó a Nap körül kerülekés pályán kering. De mihelyt a bolygók mozgásait az állócsillagokra vonatkoztatjuk, pályafutásaik legott igen furesáknak tetszenek, mert a bolygók majd előre haladnak, majd hátra térnek, majd egy helyt vesztegelnek. Saját mozgásaikhoz t. i. a Föld mozgása is járul, s így kombinált mozgás támad, melyet bajosabb felfogni.

Ha két testet veszünk tekintetbe, melyek az általános vonzás törvénye szerint mozognak, két esetet képzelhetünk magunknak. Az első

eset az, melyben mind a két test mozog. Akkor mindkettő kerüléket fut meg a közös súlypont körül, mely a két különböző nagyságú test illető tömegeihez képest vagy az egyik, vagy a másik testhez közelebb esik. A kisebb test nagyobb, a tömegesebb pedig kisebb kerülékben mozog, mert ehhez közelebb esik a súlypont. A másik eset az, midőn az egyik, a nagyobb test nyugszik. Akkor a kisebbik test a nyugvó test körül nagyobb kerüléket fut meg.

Ebből kitetszik, hogy Kepler első törvénye annyiban némi változást szenved, mennyiben a bolygók az általános és kölcsönös vonzásnál fogva nem épen a Nap középpontja, mint gyúpont körül, futják meg kerülékeiket, hanem az egész naprendszernek közös súlypontja körül keringenek. De ha, mit bizvást tehetünk, a bolygók mozgásait a Napnak középpontjából mint nyugvó pontból tekintjük, akkor Kepler törvénye egészen helyesnek mutatkozik.

Továbbá Kepler törvényei szorosan véve csak azon esetben állanak teljesen, ha a naprendszerben csak két test volna, vagy ha mindig csak két testet vennénk tekintetbe. De ha figyelemmel vagyunk arra, hogy az uralkodó főtömeg, a Nap körül számos kisebb nagyobb bolygó kering, melyek mindnyájan a Napra s kölcsönösen egymásra is vonzást gyakorolnak, akkor látjuk, hogy Kepler törvényei csak megközelítőleg fejezik ki a valóságot. Az egyszerű viszonyok tehát, melyek Kepler törvényciből folynak, az általános vonzásnál fogva némi módosulást szenvednek. Ez ugyan nem tetemes, mert minden egyes bolygó vonzása a Nap vonzásához képest aránylag csekély. Mégis a bolygók által okozott változásokat számba kell vennünk, ha tévedni nem akarunk. E változásokat és módosításokat *háborgatásoknak* (*perturbatio*, *Störung*) mondják, nem azért, mintha a rendszert háborgatnák s a bolygók mozgásait zavarnák, hanem azért, mivel az egyszerű számításokat bonyolítják. Elsőben az egyszerű mozgásokat számítják ki, aztán kutatják, micsoda módosításokat szenvednek azok, s így az eltéréseket, a háborgásokat is meghatározzák. Épen e háborgások számbavétele szolgáltatott alkalmat új felfedezésekre, *Le Verrier* az Uranusz mozgásában észlelt némi háborgatásokat, melyeket a többi ismeretes bolygók hatásaiból nem magyarázhatott ki s onnan következtette, hogy még egy ismeretlen bolygónak kell léteznie.

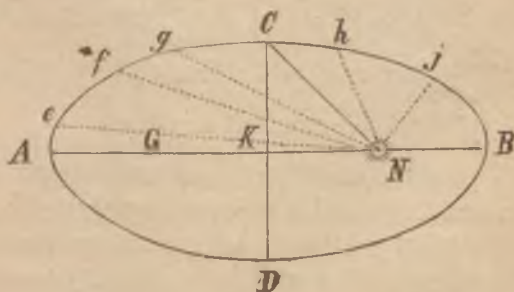
Kepler második és harmadik törvényének megfejtése. Ha a bolygók keringési pályái körök volnának, keringési sebességök mindig egyenlő volna, mert a Naptól való távolságuk nem változ-

nék. Akkor tehát bizonyos időközökben mindig egyenlő utat futnának meg a bolygók, s ez út nagyságát pályáik körének ívei által lehetne kifejezni. De a bolygók keringési sebessége nem egyenlő, hanem majd növekedik, majd fogy, tehát távolságuk sem lehet változatlan, hanem majd kisebb, majd nagyobb. S mint hogy pályáik kerületek, természetesen távolságuknak kell változniuk s azért keringési sebességük sem lehet egyenlő, azaz egyenlő időközökben nem futnak meg egyenlő nagyságú utat. A Föld keringési pályáját $365\frac{1}{4}$ nap alatt futja meg, e szerint egy-egy napi mozgására körülbelül egy fok esik. De valósággal néha 24 óra alatt csak 57 percznyi $11\frac{7}{10}$ másodpercznyi vagy $3431\frac{7}{10}$ másodpercznyi, néha meg 1 foknyi 1 percznyi $10\frac{1}{10}$ másodpercznyi, vagyis $3670\frac{1}{10}$ másodpercznyi mozgást tesz. Ez legnagyobb, amaz legkisebb keringési sebessége. Legnagyobb sebességgel akkor kering, mikor aránylag legközelebb esik a Naphoz (20.340,000 mfdre), legkisebb sebességgel pedig akkor kering, mikor legtávolabb esik a Naphoz (21.030,000 mfdre).

Ha a bolygók keringési pályáin az egyes helyeket megjelöljük, melyeket bizonyos időközökben elfoglalnak, s azokat a gyünpont (a Nap középpontja) felé vont egyenes vonalokkal összekapcsoljuk, akkor háromszögeket nyerünk, melyek alapvonalai különbözők, de területeik egyenlők. Ez az, mit Kepler így fejezett ki: „a vezérsugarak egyenlő időközökben egyenlő területeket futnak meg.”

Kerületekben a vezérsugár hossza változik, tehát az egyenlő időközökben megfutott ívek hosszának is változnia kell; azaz a vezérsugár hosszának növekedéséhez és rövidebbüléséhez képest a keringési sebesség aránylag fogy és növekedik. A feljebbi (23-dik) idomban a háromszögek talpvonalai és szárai is egyenlők, tehát területeik is egyenlők, mert a vezérsugarak hossza nem változik.

A 20. b. idom sokkal nyújtottabb kerületet mutat, mint a Föld pályája. Ebben tehát az egyenlő időközökben megfutott ívek hossza nagyon különbözik, de a háromszögek területei, t. i. BNj , jNh , hNC , CNg , gNf , eNA háromszögek területei egyenlők.



20. b. idom.

Kepler harmadik törvénye szerint a bolygók keringési idői vagyis pályafutási időkörei és Naptól való távolságaik határozott viszonyban vannak, t. i. keringési idők négyzetei úgy viszonylanak egymáshoz mint távolságaik köbszámai. E törvényt is Newton elméletéből fejthetjük ki.

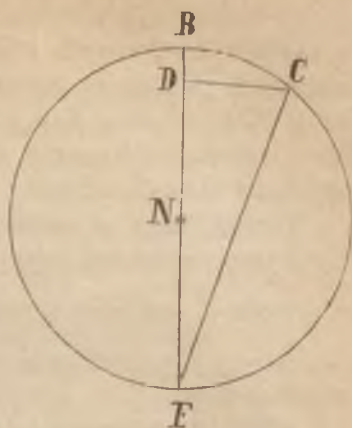
Tegyük, hogy két bolygónak keringési időköreit J és i , Naptól való távolságaikat T és t jelentse. Tehát be kell bizonyítanunk, hogy J négyzete úgy áll i négyzetéhez, mint T köbszáma t köbszámahoz, vagyis hogy $J^2 : i^2 = T^3 : t^3$. A bolygók pályái ugyan nem körök, mégis ez úttal a számítás könnyebbitése végett köröknek tekinthetjük. Vegyük továbbá a bolygók közepes távolságának meghatározására mértékegységül a Nap félátmérőjét.

Newton szerint a központi test által más testre gyakorolt vonzás mekkorasága a növekedő távolság négyzetes arányában fogy.

$\frac{1}{T^2}$ Tehát a Nap vonzása az első bolygóra nézve $= \frac{1}{32}$, vagyis akkora, mint magának a Napnak felületén, melynek távolsága a Nap közép-pontjától akkora, mint a félátmérő $= 1$; ugyancsak a Nap vonzása a második bolygóra nézve $= \frac{1}{t^2}$. Ha most az első bolygóra gyakorolt vonzást V -vel, a másodikra gyakorolt vonzást pedig v -vel jelöljük meg, a következő egyenletet kapjuk: $V : v = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$. Már pedig tudjuk, hogy a különböző nagyságú körök kerületei úgy viszonylanak egymáshoz, mint azoknak átmérői vagy sugarai, tehát a felvett két bolygónak pályakörei úgy viszonylanak egymáshoz, mint $T : t$; e szerint ha az első bolygó pályájának nagyságát T fejezi ki, a második bolygó pályájának nagyságát t fogja kifejezni. Ha az első bolygó J időben (az egész keringési időszakban) T pályát futja meg, bizonyos időrészlet alatt $\frac{T}{J}$ utat kell megfutnia, s így a második bolygóra nézve is, ha i időben t pályát futja meg, az egységül vett időrészlet alatt $\frac{t}{i}$ utat kell megfutnia.

Legyen az N körül vont kör az egyik bolygónak pályája; N a vonzó Nap, BC a bizonyos időegységben megfutott út, BNF a pálya átmérője. Ha erre a CD merőlegest vonjuk, akkor BD a felvett időegységben gyakorolt vonzást jelenti. BC iv aránylag mindig kicsiny, úgy hogy hiba nélkül egyenes vonalnak tekinthetjük,

s tehát BCD háromszöget egyenes vonalú háromszögnek vehetjük. Ha C -ből egyenes vonalt F -felé húzunk, BCF háromszöget kapjuk, melynek szögletei egyenlők az előbbi, t. i. BCD háromszög szögleteivel. — Ugyanis a B melletti szöglet mindkét háromszöggel közös, a C és D melletti szögletek pedig derékszögletek, tehát egymással egyenlők. Ha a két háromszögben két-két szöglet egyenlő, kell, hogy a harmadik szöglet is mindkét háromszögben egyenlő legyen. Ha úgy van, akkor kell, hogy $BF:BC = BC:BD$, tehát a hármasszabály



24. idom.

szerint $BD = \frac{BC^2}{BF}$. Ez szavakkal kifejezve annyit jelent: *A vonzás mindig egyenlő a bizonyos időegység alatt megfutott út hosszának a pálya átmérője által felosztott négyzetével.*

Feljebb láttuk, hogy a bizonyos időegységben az első bolygó által megfutott út $= \frac{T}{J}$, ennek négyzete $\frac{T^2}{J^2}$, s ha ezt $2 T$ -vel felosztjuk, akkor a vonzás értéke $\frac{T}{2J^2}$ lesz. Ugyancsak ekkép a második bolygóra gyakorolt vonzást $\frac{t}{2i^2}$ fejezi ki. Tehát $V: v = \frac{T}{2J^2} : \frac{t}{2i^2} = \frac{T}{J^2} : \frac{t}{i^2}$

Láttuk, hogy $V: v = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$ is, tehát $\frac{T}{J^2} : \frac{t}{i^2}$ is egyenlő $\frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$.

Ez utóbbi aránnyal már ezt az arányt $T: t = T: t$ úgy hozzuk kapcsolatba, hogy az egyenlő tagokat egymással felosztjuk, s ennek eredménye az: $\frac{1}{J^2} : \frac{1}{i^2} = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$, vagyis $J^2: i^2 = T^3: t^3$. S ekkép

Kepler harmadik törvénye be van bizonyítva.

E képlet szerint valamely bolygónak távolságát a Naptól számíthatjuk ki, ha keringési idejét ismerjük s egyszersmind más bolygónak mind keringési idejét mind távolságát tudjuk. Viszontag a bolygónak keringési idejét számíthatjuk ki, ha távolságát ismerjük s más bolygó távolságát és keringési idejét is tudjuk.

De Newton még tovább is ment. A testek által gyakorolt vonzás egyenlő körülmények között egyenes viszonyban van az ő tömegeikkel. A Napnak tömege legalább 324,000-szer nagyobb mint a Földé, tehát a Nap pl. a Holdra szintén annyszor, azaz 324,000-szer nagyobb vonzást gyakorolna mint a Föld, ha t. i. a Hold oly közel esnék a Naphoz mint a Földhez.

Tegyük, hogy A valamely központi testnek anyagtömege, mely T távolságban egy bolygóra vonzást gyakorol; akkor a vonzás egyenlő $\frac{A}{T^2}$ -vel, mert a vonzás a vonzó test tömegének nagyságához képest növekedik s a vonzott test távolságának négyzetes arányában fogy.

A feljebbi fejtegetés szerint úgy találtuk, hogy a vonzás $= \frac{T}{2J^2}$, tehát kell, hogy $\frac{A}{T^2}$ egyenlő legyen $\frac{T}{2J^2}$ -vel, s így $A = \frac{T^3}{2J^2}$. Más vonzó központi testre nézve, melynek tömege a valamely bolygóra t távolságban hatva i keringési időt eredményez, a képlet ez volna: $a = \frac{t^3}{2i^2}$. Ebből következik, hogy $A : a = \frac{T^3}{2J^2} : \frac{t^3}{2i^2}$. Ez pedig szavakban kifejezve annyit tesz: *A világtestek tömegei az általuk vonzott testek távolságának köbszámaival egyenes, keringési időiknek négyzetével pedig megfordított viszonyban vannak.*

E szabály segítségével lehetségessé vált a Nap és Hold tömegmennyiségeit a Föld tömegével összehasonlítani s általában a világtestek nagyságát a súly által meghatározni. De erről alább részletebben.

Számbeli feladványok. Hogy az előbbi fejtegetések eredményeit még jobban megérthessük, néhány számbeli feladványt közlünk.

A Holdat mind a Nap mind a Föld vonzza, kérdés, micsoda arányban van a Föld vonzása a Nap vonzásához? A Nap tömege legalább 324,000 szer nagyobb mint a Földé, tehát vonzása ugyancsak 324,000-szer nagyobb volna a Holdra, ha ez a Naphoz oly közel állna, mint a Földhez. Ámde a Hold körülbelül 400-szor közelebb esik a Földhez, tehát ez a kisebb távolságnál fogva $400 \times 400 = 160,000$ -szor nagyobb erővel vonzza a Holdat. Ha tehát a különböző távolságot s a két vonzó testnek különböző tömegeit is számba vesszük, azt találjuk, hogy a Napnak a Holdra gyakorolt vonzása úgy áll a Földnek ugyancsak a Holdra irányzott

vonzásához, mint $324,000 \times \frac{1}{160,000} : 1$, vagyis $324 \times \frac{1}{160} : 1$, azaz körülbelül mint 2:1. Tehát a Nap vonzása a Holdra nézve több mint kétszer nagyobb a Föld vonzásánál.

Micsoda arányban vonzza a Nap az egyes bolygókat? A vonzó tömeg, t. i. a Nap minden bolygóra nézve ugyanaz, tehát csak a bolygók különböző távolságait kell tekintetbe vennünk.

Feljebb közlöttük a bolygók távolságait, itt csak a kerék számokat kell alkalmaznunk.

A Nap vonzása a Merkuriusra és Földre nézve úgy áll, mint $20 \times 20 : 8 \times 8 = 400 : 64 = 50 : 8 = 6\frac{1}{4} : 1$, azaz a Nap Merkuriust $6\frac{1}{4}$ -szer nagyobb erővel vonzza mint a Földet.

A Föld és Venuszra nézve így áll az arány: $20 \times 20 : 15 \times 15 = 400 : 225 = 16 : 9 = 1.8 : 1$; azaz a Nap a Venuszt 1.8-szer nagyobb erővel vonzza, mint a Földet.

Ekkép folytatván a számítást, úgy találjuk, hogy a Mársz 2.5-szer, Jupiter 29.16-szor, Szaturnusz 100-szor, Uranusz 400-szor kisebb erővel vonzatik mint a Föld.

A Merkuriusz keringési ideje 88 nap, a Földé 365 nap, a két világtest keringési idői tehát úgy aránylanak egymáshoz, mint 88 : 365. A Merkuriusz távolsága 8, a Földé 20 millió mfd, az arány tehát 8 : 20.

Kepler harmadik szabálya szerint :

$$\begin{aligned} 88^2 : 365^2 &= 8^3 : 20^3, \text{ vagyis} \\ 7744 : 133,225 &= 512 : 8000, \text{ vagyis} \\ 1 : 17.4 &= 1 : 15.7 \end{aligned}$$

Látjuk, hogy az arány nem tökéletes, s az már azért sem lehet, mert csak a kerék számokat alkalmaztuk.

Vegyünk a Földet és Jupitert. A Föld keringési ideje egy év, Jupiteré kerék számmal 12 év. Az arány tehát a következő :

$$\begin{aligned} 1^2 : 12^2 &= 20^3 : 104^3, \text{ vagyis} \\ 1 : 144 &= 8000 : 1124864, \text{ vagyis} \\ 1 : 144 &= 1 : 140.6 \end{aligned}$$

III. A Föld, Hold és Nap valóságos mozgásai és egymáshoz való viszonyai.

A Föld valóságos mozgásai. Miután a naprendszerben uralkodó erővel és törvényekkel megismerkedtünk, képesek leszünk a látszatot a valóságtól megkülönböztetni s a Föld és égi testek valóságos mozgásait felfogni.

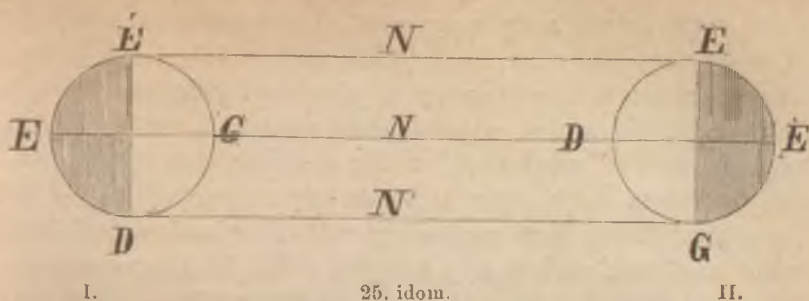
Az éjszakák és napszakák Földünkön akkor is váltakoznának, ha úgy, mint a látszat mutatja, a Nap és égboltozat mozogna a Föld körül. De hogy ez lehetlen s hogy ellenkezőleg a Föld forog, azt már feljebb részletesen bebizonyítottuk.

Most már azt kell bebizonyítanunk, hogy a Napnak azon mozgása is, melynél fogva naponkint késni látszik, szintén csak látszat, mely onnan ered, mivel a Föld kering a Nap körül.

A Föld, úgy mint a többi bolygók, a Nap körül kerülékes pályán kering, melynek síkja az égi egyenlítő síkjával $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez. Tehát a Föld forgási tengelye, mely az egyenlítőre merőlegesen áll, a keringési pálya síkjával $66\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez s a keringés közben folyvást egymással egyenközi állásokban marad, az égnek egyazon pontja felé mutat, t. i. általában véve.

Hogy a Föld keringési pályája nem kör, hanem kerülék, bizonyítja az, hogy a Naptól való távolsága az év folyamata alatt változik. Igaz, a különbség a Földnek legnagyobb és legkisebb távolsága között aránylag csekély, úgy hogy az a Nap által Földünkön támasztott világosság és melegség nagyságára érezhető befolyást nem gyakorol. Hogy a világosság és melegség a Föld egyes vidékein a különböző évszakok szerint oly nagyon változik, annak oka az, hogy felülete egyes vidékeinek állása vagyis helyzete a Nap irányában változik. E különböző állástól függ, hogy micsoda szöglet alatt érik a Föld egyes vidékeit a Nap sugarai. Ezek mindig akkor és ott támasztanak legnagyobb melegséget, a mikor és hol merőlegesen, azaz derékszöglet alatt érik a Föld felületét. Úgy képzelhetjük magunknak, mintba a Nap roppant sugárnyalábot bocsátana ki, melynek tengelye a Nap és Föld középpontjait összekapcsoló egyenes vonal; tehát a Nap összes sugarai ez egyenes vonallal egyenkezőek.

A Föld keringési pályájának síkja összeesik a Nap középpontjának síkjával. A forgó és keringő Föld tengelyének állása azon síkra nézve különböző lehetne. Ha a Föld tengelye úgy, mint a 25-dik idomban I. mutatja, a keringési pálya síkjára függőlegesen állna, akkor az egyenlítő és keringési pálya síkjai összeesnének, s a pálya ferdesége $= 0$ volna. Tehát a Nap sugarai NG vonal irányában egész éven át EG egyenlítőre függőlegesen sütnének. A megvilágított félgömb határai mindig a Föld tengelyének síkjával esnének össze, a napszakák és éjszakák egész éven át s egész Földünkön mindig egyenlő hosszúak volnának. A Nap látszólag egész évben



az egyenlítő felett mozogna, és sugarai a Föld egyes vidékeire mindig egyenlő szöglet alatt esnének; az egyenlítőre függőlegesen, a sarkok felé mind kisebb szöglet alatt. Tehát a Föld különböző vidékein különböző világosság és melegség volna, de ez az egyes vidékeken sohasem változnék. Pesten pl. a Napnak délben mindig $42\frac{1}{2}$ foknyi magassága volna, vagyis a tetőponttól mindig $47\frac{1}{2}$ foknyira esnék. Ily körülmények között Földünk természeti viszonyaiban vajmi csekély változatosság volna; Magyarországon búzát és szőlőt nem termesztethetnénk.

Ha ellenben, a Föld tengelye esnék úgy mint a 25. idomban II. mutatja, a keringési pálya síkjába, vagyis ha a pálya síkja az egyenlítő síkjára merőlegesen állna, s a pálya ferdesége 90 fokot tenné, akkor a Nap sugarai ND irányában a D és E sarkokra állnének függőlegesen. Ha tehát a Földnek ily állása volna s a mellett tengelye mindig egyenközű maradna magával: a Nap az év folyamában látszólag valamely délkör síkjában mozogna s a Föld egyes vidékeire nézve váltakozva majd a tetőpontban, majd a láthatáron állna. Nevezetesen:

1) Az egyenlítő alatt valamely helyen a Nap bizonyos napon a láthatár éjszakai pontjában állna, a következő napokon mind magasabbra emelkednék, egy évnegyed múlva épen a tetőponton menne át, azután dél felé haladna s egy évnegyed múlva a déli pontban állna. Onnan ismét felfelé emelkedve újra a tetőpont felé vonulna lassankint. Tehát évenként kétszer nagy meleg s ismét nagy hideg volna.

2) A sark alatt levő helyekre nézve ilyformán volna a dolog. Bizonyos napon a Nap a feléje irányzott sarkon felkelne, lassankint mind magasabbra emelkednék s egy évnegyed múlva a tetőpontjába jutna. Onnan lassankint alább ereszkednék s egy évnegyed múlva a láthatár alá merülne, hogy az ellenkező sarkon keljen fel.

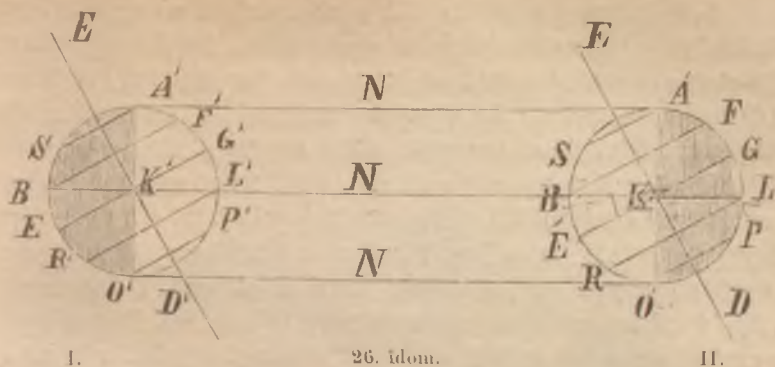
3) Oly helyen, mely az egyenlítő és sark között pl. az északi szélesség $47\frac{1}{2}$ foka alatt van, a következőket tapasztainák: a Nap bizonyos napon az északi sarkon felkelne s egy ideig látszólag egy helyt vesztegelne, azután esigavonalban mozogva keletről nyugatra mind magasabbra emelkednék; midőn az északi sarktól $42\frac{1}{2}$ foknyi távolságra esnék, épen a felvett hely tetőpontjában állna, de folyvást a láthatár felett maradna és csak akkor kezdene leáldozni, mikor az északi sarktól $47\frac{1}{2}$ foknyira volna. Ettől fogva az illető helyen a napszakák és éjszakák minden 24 órában váltakoznának s $\frac{1}{4}$ év múlva a napszaka és éjszaka egyenlő hosszú volna. Azontúl a Nap mind délibbre fordúlna és mind alábbb süllyedne, míg nem az egyenlítőtől délre a $42\frac{1}{2}$ fokot elérvén, a láthatár alá merülne s azután jökora ideig fel sem kelne.

A két felvétellel s az ebből folyó következményekkel a mindennapi tapasztalás merőben ellenkezik, azért okvetlenül föl kell tennünk, hogy a Föld tengelye sem függélyesen nem áll a pálya síkjára, sem pedig beléje nem esik. Tehát kell, hogy ferde állása legyen. Mekkora ezen ferdesége, azaz micsoda szögletet képez a Föld egyenlítője és pályájának síkja, azt azon vidékek földrajzi fekvése mutatja, melyekre bizonyos időközökben a Nap sugarai függélyesen esnek, melyeken tehát függélyes tárgyak, pl. póznák délben árnyékot nem vetnek. Ez csak azon vidékeken tapasztalható, melyek az egyenlítő alatt s ettől éjszakra meg délre $23\frac{1}{2}$ foknyira esnek; azaz csak az úgynevezett *forró örvén* a két napforduló között.

E szerint bizonyos, hogy a Föld pályájának síkja ferdén áll az egyenlítőjének síkjára, a két sík $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez, egymást két átellenben eső ponton $23\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegi, mint ezt már előadtuk.

Ezt úgyis fejezhetjük ki, hogy a Föld tengelye a pályájának síkjával $66\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez, mert a tengely függélyesen áll az egyenlítőre, azaz 90 foknyi szögletet képez vele, már pedig az egyenlítő és földpálya $23\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képez, mely a $66\frac{1}{2}$ foknyi szögletet 90 fokra egészíti ki.

A Földnek tehát körülbelül oly állása van, mint a 26-dik idom mutatja. ED tengelynek akkor van oly fekvése, mint II mutatja, midőn az északi félgömbön a nyár kezdődik. Akkor KN vonal, mely a Nap és Föld középpontjait összeköti, ED tengellyel $ÉKN$ szögletet képez, mely az egész év alatt a legkisebb. Minthogy



I.

26. idom.

II.

a Nap a Föld nagyságához képest igen nagy távolságban van, azért sugarai NK iránnyal egyenközüleg esnek a Földre, úgy hogy ez úgy világítatik meg, mintha a sugarak egyenesen álló $NAON$ hengert képeznének, melynek tengelye NK ; ez függvélyesen áll AKO -ra, a tetőleges átmetszetben ábrázolt legnagyobb körre. E szerint a Földnek AKO által határolt egyik fele meg van világítva, a másik fele pedig sötétségben van. Míg ABO félgömbön napszaka van, ALO félgömbön éjszaka van. A Föld napi forgása és évi keringése folytonos változást okoz, mégis a Nap sugarainak hengere folyvást egyenlő marad s folytonosan kíséri a Földet, egyik felét világítva, másik felét sötétségben hagyva. Ha a Föld a 26-ik idom II szerint a nyári pontban áll, EKB a legkisebb évi szöglet s egyszersmind az ED tengely hajlási szöglete NK pályára. Ha EKG az egyenlítő. NKE szöglet a Föld pályája *ferdeségének*, vagyis a Föld pályája az egyenlítőre való hajlásának felel meg, ez pedig $23\frac{1}{2}^\circ$. Azért a nyári pontban az EKN szöglet $= 90^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ = 66\frac{1}{2}^\circ$. BF az északi szélesség $23\frac{1}{2}$, RL pedig a déli szélesség $23\frac{1}{2}$ foka alatt fekvő egyenközü kört ábrázolja. A BF egyenközü kör minden pontja délben úgy fekszik mint B pont, tehát abból tekintve a Nap BN irányában látszik, mely a Föld KB sugarának irányával összevág. Minthogy pedig a Föld minden pontjára nézve a sugar irányja a Föld felületére függélyes s meghosszabbítva a tetőpontot éri, azért a BF kör pontjai délben a tetőpontban látják a Napot. Az RL kör pontjainak pedig éjféltkor oly fekvésök van mint L pontnak, úgy hogy éjféltkor a Nap rájuk nézve LKN irányban a láthatár alatt van. S minthogy LKN iránya LK sugar irányával összevág, azon kör pontjaira nézve a Nap éjféltkor épen a talppontban áll.

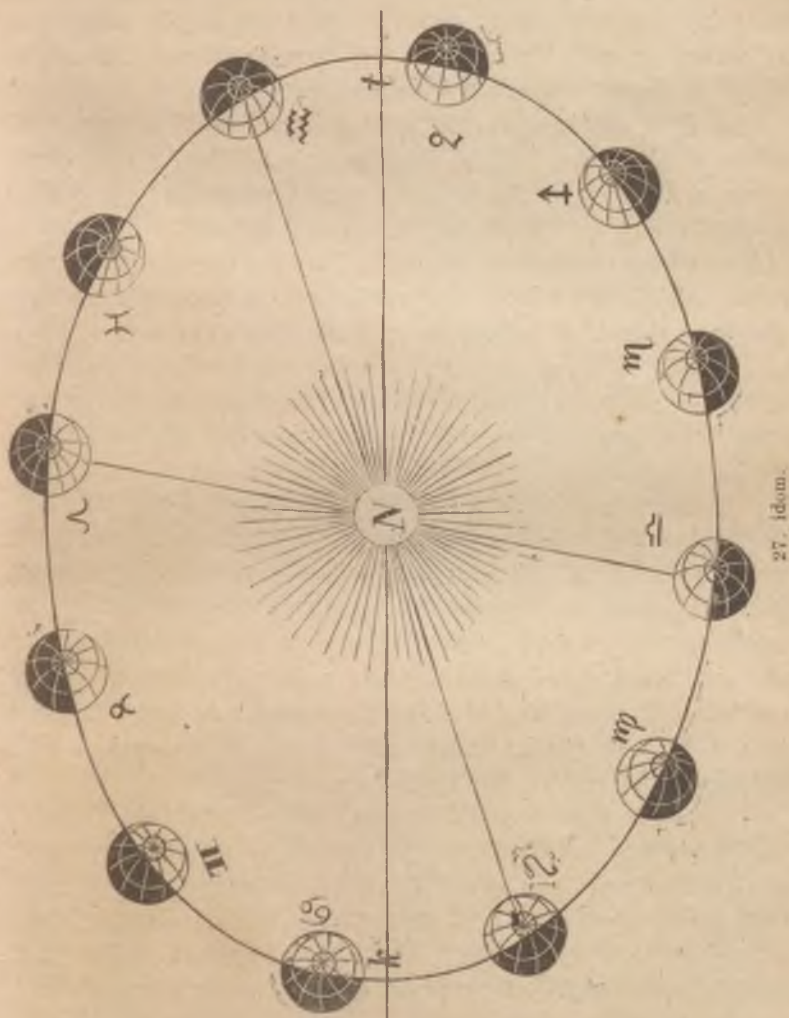
Tudjuk, hogy a BF és RL körök, melyek az egyenlítő két oldalán $23\frac{1}{2}$ foknyira esnek, a *napfordulók*. Az SA egyenközü kör alatt s az attól éjszakra eső helyeken a Nap nem száll le. Mivel AK függélyes NK -ra, AKN szöglet $= 90$ fok, s ha ebből $ÉKN$ szögletet $= 66\frac{1}{2}$ fokot levonjuk, EKA szögletre $23\frac{1}{2}$ fok marad. Ebből következik, hogy az éjszaki sark körül fekvő mindazon helyeken melyek a sarktól $23\frac{1}{2}$ fokig esnek, legalább 24 óráig folyvást, lenyugvás nélkül süt a Nap. Ellenben a déli félgömbön mindazon helyeken, melyek OP egyenközü körtől a déli sark, D felé esnek, a Nap évenként egyszer legalább 24 óráig fel sem kel. Természetes, hogy OP kör a déli sarktól szintén $23\frac{1}{2}$ foknyira esik. Az idomból látjuk, hogy a Földnek ily helyzetében az EEG félgömbön a nappali világosság hosszabb ideig tart, mint az éjjeli sötétség, mert már az átmetszetből látni, hogy a naponkénti megvilágittatás úgy áll az éjjeli sötétséghez, mint EKA áll AKL -hez. A déli félgömbön ellenkező a viszony, ott EKO a megvilágittatásnak s OKG a sötétségnek felel meg. Tehát az éjszaki félgömbön nyár, a délin pedig tél van.

Felév múlva a Föld a Nap ellenkező oldalára jutott, s oly helyzete van mint 26. idom II. mutatja. Az $ÉD$ tengely hajlása ugyanaz, a pályával $ÉK'B'$ $66\frac{1}{2}^\circ$ -nyi szögletet képez, de évi szöglete $NK'É'$ most $113\frac{1}{2}$ foknyi tompa szöglet. Most tehát a déli félgömből áll mind az, mit feljebb az éjszakeről mondtunk, s tehát az éjszaki félgömbön vannak azon viszonyok, melyek azelőtt a délin voltak. A Föld ily helyzetében az éjszaki félgömbön az éjszakák hosszabbak mint a napszakák, míg a délin megfordítva a napszakák hosszabbak mint az éjszakák; amott tél, emitt nyár van.

Ha a Földnek évi pályáján oly állása van, mint a 25. idomban I. mutatja, hogy tengelye a Nap sugarainak hengerében egészen benne marad, akkor évi szöglete 90 foknyi, tehát a Föld egyenlítőjének síkja, ha a Napig kinyújtatnék, ennek középpontját érné, s a Földnek megvilágított és sötétségben levő félgömbjeit egymástól elválasztó kör mindig egy délkör, miért is akkor az éjszakák és napszakák az egész Földön egyenlő hosszúak. Ez, mint tudjuk, tavasz és őszi kezdetén fordul elő. Tavasztól kezdve a Föld tengelyének állása a keringési pálya síkjára nézve úgy változik, hogy nyár elején vele azon szögletet képezi, mint a 26. idomban I. mutatja, ősztől kezdve pedig tovább változván végre tél elején oly állásba jut, mint a 26. idomban II. mutatja. A Föld tengelye állásának e változása onnan van, mivel azon közben, hogy a Föld keringési

pályáján a Nap körül fut, tengelye folytonosan egyenlő helyzeteket foglal el s északi sarka mindig egyazon hely, az égi sarkpont felé van irányozva (Azomban alább látni fogjuk, hogy a Föld tengelye mégis némi ingadozásokat tesz.)

A Föld évi keringését a Nap körül a következő idom mutatja.



N a Napot, *Nk* a Napközelt (Perihelium), *Nt* a Naptávolt (Aphelium) jelenti, a Föld úgy van évi pályáján ábrázolva, hogy tengelyek egyenközűsége s megvilágított fele az állatkör 12 jegyében való helyzeteiben kitéssék.

Már tudjuk, hogy a Nap mindig 180 foknyira esik a Földtől, tehát a Föld által elfoglalt jeggyel épen átellenben levő jegyben van. E szerint Marcius 21-dikén, midőn a Föld a Mérleg ♎ jegy első pontjába lép, a Nap a Kos ♈ jegybe, a tavaszi pontba látszik lépni. A Föld megvilágíttatásának határa az egyenlítőn és két sarkon megy keresztül, tehát délkör, s az egész Földön a napszaka és éjszaka egyenlő. Az egyenlítőn a Nap függőlegesen áll délben, nálunk az éjszakai félgömbön a tavasz kezdődik.

A Föld azután nyugatról keletre menve tovább kering, April 20-kán a Skorpióba (♏), a Nap pedig a Bikába (♉) jut, május 21-kén a Föld a Nyilasba (♐), a Nap az Ikrekbe (♊) lép. Azalatt az éjszakai sark és vidéke folyvást megvilágíttatik, a déli sark és vidéke ellenben mindinkább elfordul a Naptól s folyvást sötétségben marad; az éjszakai félgömb egyenközűinek nagyobb fele van megvilágítva, nálunk a napszakák mindinkább növekednek, az éjszakák mind rövidebbek. A Nap látszólag mind jobban éjszak felé emelkedik, sugarai az éjszakai félgömbre mind nagyobb szöglet alatt esnek, tehát nagyobb meleget fejtenek ki. A déli félgömbön ellenkezőleg van a dolog.

Június közepe táján a Föld legtávolabb esik a Naptól, a Nap-távolban van s 23-kán a Bak jegybe (♏), a Nap ellenben a Rák jegybe (♎) lép; a Föld aránylag leglassabban kering, éjszakai félgömbén a napszaka leghosszabb, az éjszaka legrövidebb, éjszakai sarkának környéke $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságig esik a megvilágíttatás körébe. Nálunk tehát akkor a nyár, a déli félgömbön pedig a tél kezdődik. Az egyenlítő alatt akkor is a napszaka és éjszaka egyenlő, noha a Nap az éjszakai szélesség $23\frac{1}{2}$ foka alatti egyenközűre, a Rákjegyi Napfordulóra sűt függőlegesen.

A Föld megint tovább kering, július 23-dikán a Vizöntöbe (♑) jut, a Nap az Oroszlánban (♌) látszik, s lassankint megint eltávozik tetőpontunktól az egyenlítő felé haladván; így tart ez a következő hónap alatt is, a Föld augusztus 23-kán a Halakba (♐) lép, a Nap pedig a Szüzbe (♍). Azalatt a napszakák az éjszakai félgömbön mind inkább fogynak, az éjszakák pedig növekednek. Az éjszakai sark ugyan még mindig a világosság körébe esik, de e kör határa mind jobban közeledik feléje. Végre szeptember 23-kán a Föld a Kosba s a Nap a Mérlegbe lép. Most ismét az egyenlítő síkja a Nap középpontja felé esik, ismét a napszaka és éjszaka az egész Földön egyenlő. Nálunk az őszi, a déli félgömbön a tavasz

kezdődik. Egy félév elmúlt, s a Föld pályájának felét futotta meg, a Nap is látszatos pályájának felén ment el.

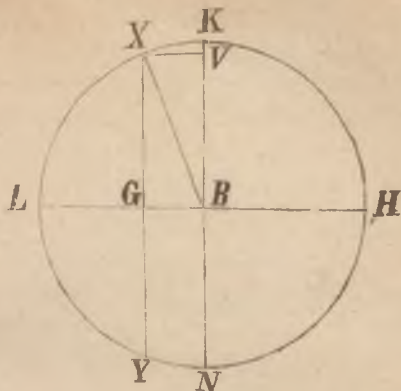
Tovább keringvén a Föld október 23-kán a Bikába, a Nap a Skorpióba, november 22-kén pedig a Föld az Ikrekbe s a Nap a Nyilasba jut. Azalatt a Föld északi sarka folytonos sötétségbe merült, déli sarka pedig a világosság körébe jutott. A Nap az egyenlítőtől délre látszik függőlegesen s a déli félgömbre süt hathatósabban. Az északi félgömbön a napszakák mind rövidebbek, a délin pedig mind hosszabbak. Deczemberben a Föld legközelebb esik a Naphoz, a napközben van, aránylag legsebesebben kering s decz. 21-kén a Rákba, a Nap pedig a Bakba lép. Ekkor a Nap az egyenlítőtől dél felé esik legtávolabb, a bakjegyi fordulóra süt függőlegesen, a déli sark vidéke egészen a $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságig esik a világosság körébe, az északi sark pedig egész vidékével sötétségben marad. Nálunk legrövidebb napszakák s leghosszabb éjszakák vannak, a tél kezdődik, a déli félgömbön pedig a nyár áll be.

A Föld azonban tovább kering, január 20-dikán az Oroszlánba, a Nap a Vízöntőbe, febr. 19-én a Föld a Szüzbe, s a Nap a Halak jegyébe jut. Azalatt a Föld északi sarka még folyvást éjjeli sötétségben, déli sarka pedig a világosság körében maradt, mégis a Nap mindinkább az egyenlítő felé közeledett, tehát a napszakák a déli félgömbön fogynak s az éjszakin növekednek. Végre márczius 21-kén a Föld megfutván egész pályáját, újra a Mérleg jegyébe, a Nap pedig a Kos jegyébe jut. Ekkép lejárván egy esztendő, ismét az északi félgömbön a tavasz, a délin pedig az őszi kezdődik. (Vesd össze a 86. lapot.)

A Nap keleti és nyugati tágasságának pontosabb meghatározása. Tudjuk, hogy a Nap látszatos pályáján mozogva csak tavasz és őszi kezdetén, midőn az egyenlítő síkjában jár, kel föl és nyugszik le épen a keleti és nyugati pontokban, különben pedig e két ponttól vagy éjszakra vagy délre kisebb nagyobb távolságban szokott felkelni és lenyugodni. A felkelő és lenyugvó Nap e távolságát a keleti és nyugati ponttól éjszakra és délre a Nap keleti és nyugati *tágasságának* nevezik (lásd a 20. lapot), s most meg akarjuk mutatni, mikép lehet azt bármely helynek láthatárára nézve pontosan meghatározni.

A 11. lapon előadtuk, hogy derékszögletű háromszögben a két hegyes szögletére nézve az átellenben fekvő befogót megmérve az átfogóval mint mértékegységgel az illető hegyes szöglet *sínu-*

így XBK szögletet kapjuk; ennek a szögletnek nagyságát kell immár meghatároznunk, mert ez mutatja a Napnak északi tágasságát a keleti ponttól, t. i. K -tól. XBK szögletet rövidség okáért A -val jelöljük meg. X -ből KB vonalra XV függőlegest ejtjük. Látjuk, hogy XV épen oly hosszú, mint GB , XB pedig akkora, mint a 28-dik idom-



29. idom.

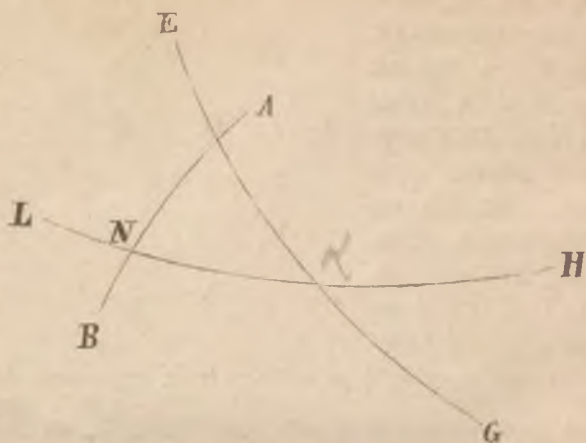
ban levő BE vonal, mert ez is, az is félátmérője ugyanazon éggömbnek, melynek középpontjában B hely van. Tehát $\frac{XV}{BX} = \frac{BG}{BE}$. Már

pedig XBV háromszög V -nél derékszögletű, tehát $\frac{XV}{BX} = \sinus A$ (vagyis B melletti hegyes szöglet a 29. idomban), s ebből következik, hogy $\sinus A = \frac{\sinus E}{\cosinus B}$. (28-dik idom).

E képlet pedig szavakban kifejezve azt jelenti: *A Nap keleti (illetőleg nyugati) tágasságának szinusa egyenlő a Nap elhajlásának szinusával, osztva az illető hely földrajzi szélességének koszinusa által.* Vagyis ha a Nap keleti és nyugati tágasságát akarjuk bizonyos időre és helyre kiszámítani, a Nap időszerinti elhajlásának szinusát keressük meg s osztjuk fel az adott hely földrajzi szélességének megfelelő koszinus által; így megkapjuk a Nap tágasságának szinusát.

Ugyanazon eredményre más idom segítségével is jutunk. A 30. idomban LH a láthatárt, EG az egyenlítőt, K a keleti pontot*, N a felkelő napot ábrázolja, A pedig azon pont, melyben az idom szerint délre eső Nap az egyenlítőt szegi. Tehát e gömbfelületi KNA háromszögben KN oldal a keleti távolságot, NA a Nap elhajlását jelenti; NAK szöglet derékszöglet (90 foknyi), AKN szöglet pedig = 90 fok — a földrajzi szélesség. Minden gömbfelületi háromszögben az oldalak szinusai úgy viszonylanak egymáshoz, mint az átellenben

*) A betű a fametszetben elmaradt, ett kellene lennie, ha LH és EG egymást szegik.



36-lik Idm.

első szögletek szinusai, tehát a következő aránylatot nyerjük:
 $\frac{\sinus\ NK}{\sinus\ NA} = \frac{\sinus\ 90^\circ}{\sinus\ AKN}$, s ebből következik, hogy $\sinus\ NK$
 $= \frac{\sinus\ NA}{\sinus\ AKN}$, vagy ha a Nap elhajlását δ -val, a földrajzi széles-
 séget pedig q -vel jelöljük meg, a következő képletet nyerjük:
 $\sinus\ NK = \frac{\sinus\ \delta}{\sinus\ (90^\circ - q)} = \frac{\sinus\ \delta}{\cosinus\ q}$.

E képlet szerint bármely földrajzi szélességre s a Napnak bármely elhajlására nézve számíthatjuk ki a keleti és nyugati tágasságot. Ha az illető hely szélességét tudjuk, csak azt kell még tudnunk, micsoda elhajlása van a Napnak az illető napon, melyre nézve a keleti és nyugati tágasságot ki akarjuk számítani. A Nap elhajlását minden napra nézve a csillagászati naplókban és naptárakban találjuk feljegyezve. Az illető szinusok és koszinusok értékeit a logaritmusi táblákban kereshetjük meg.

Például kérdezzük, Pesten június 1-jén mekkora a Napnak keleti és nyugati tágassága?

Június 1-jén a Nap elhajlása (δ) = 22° ,

Pest szélessége = $47\frac{1}{2}^\circ$,

Tehát $\sinus\ NK = \frac{\sinus\ 22^\circ}{\cosinus\ 47\frac{1}{2}^\circ}$

Logarithmus szinus $22^\circ = 9.57358$

Logarithmus koszinus $47\frac{1}{2}^\circ = 9.82968$

külömbzék $9.74390 =$ logarithmus szinus $33^\circ 41'$. Azaz Pesten június 1-jén a Nap keleti és nyugati tágassága $= 33^\circ 41'$.

Alkalmazzuk az előbbi (135. l. való) képletet. Tegyük, hogy a Föld egyik vagy másik sarkára nézve akarjuk a Nap tágasságát kiszámítani. A sarkpont szélessége 90° , koszinus $90^\circ = 0$, tehát ott a tágasság vagyis szinus $A = \frac{\text{szinus } E}{\text{koszinus } 0}$, azaz végtelen mennyiség, vagyis ott nincs a Napnak keleti vagy nyugati tágassága, hanem a láthatárral egyenközűleg mozog.

Vegyünk egy helyet az egyenlítőn, s jelöljük meg azt a helyet B -vel. Tehát B földrajzi szélessége $= 0$, koszinus $0 = 1$, s így szinus $A = \frac{\text{szinus } E}{\text{koszinus } 1} = \text{szinus } A = \text{szinus } B$, vagyis $A = B$, azaz az egyenlítő alatt a Nap tágassága mindig $=$ a Nap elhajlásával, tehát a nyár kezdetén $= 23\frac{1}{2}^\circ$ éjszakra s tél kezdetén $= 23\frac{1}{2}^\circ$ délre.

Vegyünk egy helyet a sarkkörökön; ezek sebessége $66\frac{1}{2}^\circ$, tehát $B = 66\frac{1}{2}^\circ$, koszinus $66\frac{1}{2}^\circ = 0.3987$; vegyük a Nap legnagyobb elhajlását, mely $23\frac{1}{2}^\circ$, szinus $23\frac{1}{2}^\circ = 0.3987$, s e szerint a sarkköri helyekre nézve azt nyerjük: szinus $A = \frac{0.3987}{0.3987} = 1$, szinus 1 pedig $= 90^\circ$, tehát $A = 90^\circ$. Ebből kitetszik, hogy a Nap a sarkkörök alatt nyár kezdetén, azaz mikor legnagyobb elhajlása van, épen az éjszaki s illetőleg a déli pontban kel föl és nyugszik le.

Vegyünk egy helyet a napfordulókon. Annak szélessége $23\frac{1}{2}^\circ$, tegyük, hogy a Napnak legnagyobb elhajlása van, mely tehát szintén $23\frac{1}{2}^\circ$. Már most szinus $23\frac{1}{2}^\circ = 0.3987$, koszinus $23\frac{1}{2}^\circ = 0.9170$, tehát szinus $A = \frac{0.3987}{0.9170} = 0.4317$, azaz $A = 25^\circ 40'$. Azaz a napfordulókon a Nap keleti és nyugati tágassága a nyári, illetőleg téli napfordulatkor $25^\circ 40'$.

Vegyünk még egy helyet, melynek szélessége 52° s tegyük, hogy a Nap legnagyobb elhajlásában van. Akkor lesz szinus $52^\circ = 0.6120$, koszinus $23\frac{1}{2}^\circ = 0.3987$, tehát szinus $A = \frac{0.3987}{0.6120} = 0.6511$, ennek pedig megfelel $40^\circ 41'$.

Pesten a Nap keleti és nyugati tágassága egész fokokban következőleg növekedik a Nap elhajlása szerint:

A Nap elhajlása	Keleti tágasság	A Nap elhajlása	Keleti tágasság
0°	0°	11°	16°
1	1	12	18
2	3	13	19
3	4	14	21
4	6	15	22
5	7	16	24
6	9	17	25
7	10	18	27
8	12	19	29
9	13	20	30
10	15	21	32
		22	33
		23	35

A Hold valóságos mozgásai. A Hold az egész éggömbbel együtt látszik a Föld körül mozogni, de e körfutásában naponként körülbelül 50 perczel elkésik, az ég többi csillagaihoz képest. Az éggömbbel együtt való mozgása, mint már tudjuk, csak látszatos, s annak tulajdonítandó, hogy a Föld a tengelye körül forog. Valóságos mozgását látszatos elkésése bizonyítja, s az abban áll, hogy a Föld*) körül kering, miként a Föld a Nap körül. E keringését a Hold átlagosan 27 nap 7 óra 43 percz és 11 másodpercz alatt végezi be. Annyi idő múlik el, míg a Holdat kétszer egymás után ugyanazon állócsillag mellett látjuk. Ez időszak a Hold *csillagi keringése* (revolutio siderica) vagyis *csillagi hónap*. De' minthogy azon idő alatt a Föld is előrehalad Nap körül való pályáján, azért a Holdnak még valamivel tovább kell haladnia, hogy a Földre és Napra nézve azon állásba jusson, melyben csillagi keringése kezdetén volt. Onnan van, hogy a Hold négy fényváltozásának időköre hosszabb, mint csillagi keringésének ideje; amaz t. i. 29 napot, 12 órát, 44 perczet és 3 másodperczet tesz, s ez időszakot a Hold *találkozási keringésének* (revolutio synodica) vagyis *fényvil'ozati hónapnak* nevezik.

*) Szorosan véve a Hold nem a Föld középpontja, hanem a Föld és Hold közös súlypontja körül kering. Ez, mert a Hold tömege 81-szer kisebb mint a Földé, 81-szer nagyobb távolságra esik a Hold középpontjától, mint a Földétől, tehát átlagosan körülbelül 640 mföldnyire van a Föld középpontjától, azaz 219 mföldnyire a Föld felülete alatt. E szerint a Föld középpontja holdtőltekor 640 mfölddel közelebb esik a Naphoz s újholdkor ennnyivel távolabb esik tőle, mint a közös súlypont.

Egy esztendő alatt a Hold több mint 12-szer kering a Föld körül s ezt Nap körüli útjában kíséri. Ha tehát bizonyos napon a Holdat az állatkör valamelyik jegyében látjuk, a következő napon attól a jegytől kelet felé látjuk, még pedig körülbelöl 13 foknyi távolságban. Ugyanis a Föld nyugatról keletre forog, tehát a nyugat felé eső csillag előbb halad át délkörünkön mint a kelet fele eső csillag, s azért a Hold is, mely naponkint átlagosan mintegy 13 fokkal odább keletre mutatkozik, később jut a délkörbe, mint más csillag vagy az állatkör illető jegye, mely mellett az előtte való napon állott. A Föld keringése miatt a Nap is látszik elkésni, még pedig naponkint körülbelöl 4 percczel, tehát a Hold keringésének sebessége $\frac{50}{4} = 12\frac{1}{2}$ -szer nagyobb mint a Nap látszatos mozgása.

A Hold valóságos és a Nap látszatos mozgásának nagyságát a következő egyenletek mutatják:

a) a Holdra nézve: $27.3215 : 1 = 360 : X$, tehát $X = 13^{\circ}.1761$.

b) a Napra nézve: $365.2425 : 1 = 360 : X$; tehát $X = 0.9856$.

A kettő közötti különbség, vagyis azon iv, melylyel a Hold 24 óra alatt a Napot megelőzi $= 12^{\circ}.1907$. Ámde a Hold pályájának nagysága kerék számmal csak 160,000 mfdet tesz, s tehát a Hold keringésének valóságos sebessége másodpercenként csak 0.07 mfdet tesz, míg a Földé több mint 4 mfd.

A Hold keringési pályájának síkja a földpálya síkjára ferdén áll s vele körülbelöl 5 foknyi, 8 percznyi s $40\frac{1}{2}$ másodpercznyi szögletet képez. De a Hold mégis mindig az állatkör övében marad, mivel ennek szélessége 20 foknyi. Tehát Földünkön a Hold csak oly helyeknek juthat tetőpontjába, melyek az egyenlítőtől délre vagy éjszakra nem esnek tovább, mint $23\frac{1}{2} + 5\frac{1}{2} = 28\frac{2}{3}$ foknyira. Hónaponként kétszer szegi a Hold a földpálya síkját, egyszer éjszaka, azután dél felé menvén; amaz *felhágó*, emez *leszálló csomója*, am azt Ω , emezt ω jeggyel jelölik meg. A csomók, vagyis azon pontok, melyekben a holdpálya a földpályát szegi, nem állandók, hanem folytonosan változnak, még pedig nyugatról keletre menve, s 18 év és 219 nap alatt az egész földpályán végig járnak. Tehát a csomópontok a nyugatról keletre mozgó Hold irányának élje mennek, s azért a Hold minden hónapban valamivel előbb éri el a földpálya szegési helyeit. Azt az időt, mely alatt a Hold egyik, pl. a felhágó csomóból kiindulván ugyanabba visszatér, *sárkány*

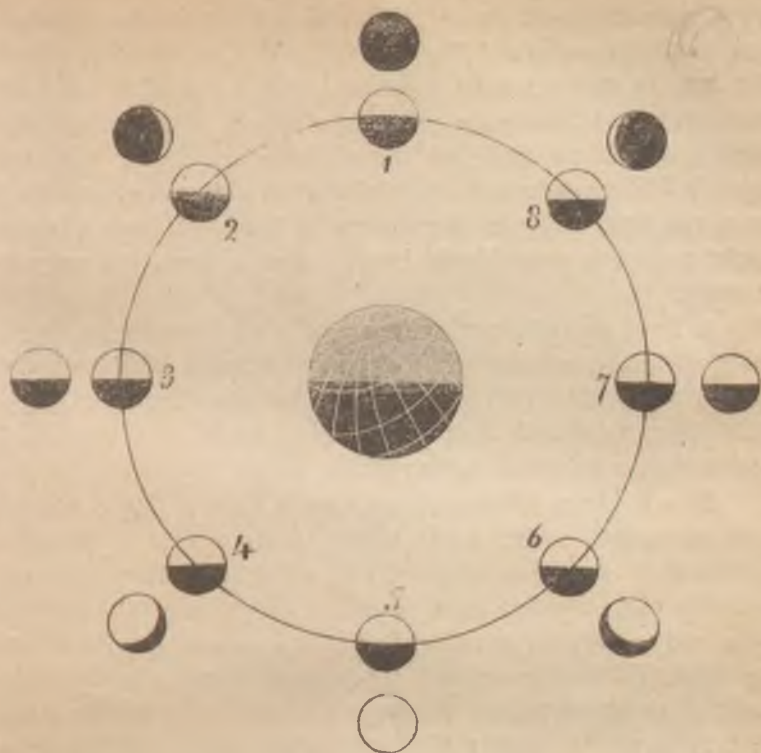
hónapnak nevezik, és 27 napot 5 órát, 5 perczet 35 másodperczet tesz. A felhágó csomót t. i. *sárkányfejnek* s a leszállót *sárkány-csővának* is nevezik.

Természetes, hogy a Hold keringési pályája magában tekintve kerülek, s hogy a Föld ennek gyűpontjában áll. Ezt azon körülmény bizonyítja, hogy a Hold majd kisebb, majd nagyobb távolságra esik a Földtől, s a szerint látszatos átmérője is majd nagyobb, majd kisebb. Látszatos átmérőjének, azaz tányérának látszöglete $33\frac{1}{2}$ és $29\frac{1}{2}$ percz között változik. Legnagyobb távolsága a Holdnak a Földtől kerék számmal 54,000, legkisebb távolsága 48,000, közepes távolsága 51,000 mfd; ez körülbelül annyi, mint 60 földi félátmérő s tehát a Föld távolsága a Naptól 400-szor nagyobb. A Hold legkisebb távolságát *földközelnék* (Perigaeum), legnagyobb távolságát *földtávolnak* (Apogaeum) nevezik. Minthogy a Hold a Föld körül keringve majd a Föld és Nap közé esik, majd az ellenkező oldalon van, azért a Naptól való legkisebb és legnagyobb távolsága közötti különbség mintegy 2-szer 51,000 = 102,000 mfd.

Miként a csomópontok, úgy a holdpálya nagy tengelye is megváltoztatja helyét, még pedig nyugatról keletre halad s 8 év, 310 nap és 19 óra alatt teljes fordulatot tesz a Föld körül. E szerint a Hold egyik földközelnéből kiindulván, ezt nem éri el ismét ugyanazon idő alatt, melyben pályáján végig fut, hanem még valamivel tovább kell haladnia, hogy a földközeln helyét, mely azalatt valamivel előbbre haladt, elérhesse. Azért az *eltérési hónap* (anomalisticus), vagyis azaz idő, mely alatt a Hold a földközelnéből kiindulván, ebbe ismét vissza jut, valamivel hosszabb, mint a csillagi hónap, t. i. 27 napot, 13 órát, 18 perczet és 37 másodperczet tesz.

Most már világosan érthetjük meg azt, mit feljebb (lásd 35. lapot) a Hold fényváltozásairól mondtunk.

Ez idom közepén a Föld, körülte nyolcz különböző állásban a Hold van ábrázolva. Felülről nagy távolságból a Nap süt, mely a Holdnak és a Földnek feléje fordított felét világítja meg. Mikor a Hold (1) a Föld és Nap között áll (együttállásban van), a Földről tekintve a Nap mellett látszik lenni, felénk sötét fele van fordítva (*újhold*). Három négy nap múlva a 2-dik állást foglalja el, midőn nyugaton mint vékony sarló mutatkozik, melynek domború oldala azon táj felé van irányozva, hol a Nap leszálltakor a láthatár alá merül. Tovább haladván pályáján a Hold, a 3-dik állásba jut, ekkor 90 foknyira esik az előbbi állásától, s a Nap, Hold és Föld



31. idom.

középpontjait összekapcsoló vonalak derékszöveget képeznek. Most megvilágított részének felét látjuk világítani, tehát az *első negyed* van. Ezután a Hold mind később kel fel és száll le, 4-dik állásában azon megvilágított része, melyet a Földről látunk, már csaknem teljes kört, sötét része még csak vékony sarlót képez; végre 5-dik állásában megvilágított felét egészen látjuk, holdtölte van. Ekkor a Nap, Föld és Hold ismét egy irányba esnek, mint újholdkor, de most a Föld esik a Nap és Hold közzé, ez 180 foknyira van a Nap-tól, evvel szemben áll. Ezen túl a Hold megvilágított felének azon része, melyet Földünkéről látunk, lassankint ismét fogy, 6-dik állásában már olyan, mint 4-dik állásában volt, csak sötét sarlójának a fekvése különbözik; 7-dik állásában megint csak felét látjuk megvilágított részének, ez az *utolsó negyed*; 8-dik állásában már csak vékony sarlóját látjuk megvilágítva, s végre az is eltűnik, s a Hold újra 1-ső állását foglalja el. 7 dik állásában megint 90 foknyira esik a Naptól. Mikor a Hold újságának beállta előtt és után

annak csak kis széle van megvilágítva, néha sötét része is látszik homályos fényben. Ez a *Föld fénye*, t. i. a Hold a Földtől is világítat meg, de csak gyengén, s ilyenkor tehát a Földtől kapott fényt tükrözteti vissza. Mikor e gyenge fénye látható, akkor a Nap által megvilágított része aránylag nagyobbnak látszik, mintha más nagyobb Holdhoz tartoznék. E jelenséget *irradiációnak* nevezik, s onnan van, hogy a fényes tárgy nagyobb benyomást tesz a szemre s azért aránylag nagyobbnak látszik, mint a homályos vagy sötét tárgy.

A Hold fényváltozatainak napjait meghatározhatjuk, ha kiszámítjuk, hány nap kell a Holnak, hogy a Napot látszatos keringésében 90, továbbá 180, 270 és 360 fokkal megelőzze. Azt fogjuk találni, hogy a Holdnak arra 7.382, 14.765, 22.148, 29.53 nap kell. S ez időszakok a Hold társi keringésének szakait fejezik ki.

Ha a Föld egy helyben vesztelgne, a Hold keringési pályája egyszerű kerülék volna. Ámde tudjuk, hogy a Föld is kering a Nap körül s ez útjában magával viszi a Holdat. Ennek valóságos keringési pályája tehát nem egyszerű görbe, hanem körülbelől olyan, milyen egy forgó s előre haladó kocsikerék talpába bevert szeg fejeé. Ez mindig egyenlő távolságban marad a kerék középpontjától, a tengelytől, de minthogy a kerék 10 gáz közben előre halad, azért majd a tengely előtt, majd utána van. A forogva egyenes irányban előremenő kerék talpán levő szeg által megfutott görbét *kerékvonalnak* (cycloide) nevezik. A Hold keringési pályája azóban nem egészen ilyen kerékvonal, mert a Föld pályája nem egyenes, hanem görbe vonal. Tehát a Hold pályája *kerékvonalon való görbe* (epicycloide) vagyis inkább kerékvonalbeli *kiyyódzó görbe*. A következő idom a Hold pályájának egy szakaszát ábrázolja nagyított arányokban, egyik fényváltozástól a másikig.

A Hold mindig egy és ugyanazon oldalát mutatja nekünk, miután pedig a Föld körül kering, az csak úgy lehetséges, hogy ha ugyanazon idő alatt, melyben egyszer kering a Föld körül, a maga tengelye körül is egyet fordul. A Hold tehát tengelye körül is forog, de sokkal lassabban mint a Föld, t. i. $27\frac{1}{4}$ nap alatt csak egyet forog. E szerint a Holdon a nap- és éjszaka sokkal hosszabb mint rendszeren a Földön, t. i. ott egy nap oly sokáig tart mint egy fényváltozati hónap, azaz kerék számmal $29\frac{1}{2}$ földi napig, vagyis a Holdon bárhol a nappali világosság és éjjeli sötétség 354 óráig tart. De az ottani éjszakákat a mi Földünk világa világítja meg,

még pedig sokkal erősebben mint a Hold nekünk világít*), mert Földünk a Holdtól tekintve majdnem négyszer nagyobb-nak látszik, mint a Hold a Földről tekintve. Mikor nekünk új hold van, a Holdon a Föld teljes világosságban látszik, mikor a Hold fénye növekedik, a Föld fénye a Holdra nézve fogva s megfordítva.

A Hold tengelye azon vonal, mely fényes sarlójának csücsait kapcsolja össze. E tengelye majdnem függőlegesen áll keringési pályájának síkjára, vele $88\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képezvén. Tehát a Hold egyenlítőjének és pályájának síkjai csak $1\frac{1}{2}$ foknyi szögletet képeznek, azaz a Hold pályájának ferdesége (hajlása) csak $1\frac{1}{2}$ foknyi, míg a Föld pályájáé $23\frac{1}{2}$ foknyi. Azért a Holdon az évszakok különbségei sokkal csekélyebbek, mint a Földön, a Holdon csaknem mindenütt az éjszaka és napszaka majdnem folyvást egyenlő.

A Hold forgási sebessége mindig egyenlő, de keringési sebessége a szerint változik, a mint a Földhöz közelebb vagy távolabb esik. Résztint azért, résztint más okokból a felénk fordított oldala bizonyos ingadozást, *libegést* (libratio) mutat, mely-nél fogva szorosan véve nem mindig ugyanazt a felét látjuk, hanem majd az egyik, majd a másik szélénkisebb nagyobb darabot az ellenkező oldalából is láthatunk. Azon körülménynél fogva, hogy a Hold majd sebesebben majd



*) A Hold világa a Földön körülbelül $\frac{1}{547,513}$ részét teszi a Nap világá-

nak, tehát 547,513 teljes Hold szolgáltatna a Földnek annyi világosságot, mint a Nap. Ámde az éggömb látszatos felén csak 240,000 Hold férne el, ha tehát az egész látszatos eget ily testek mint a Hold foglalná el, még akkor sem világítanának a Földnek oly mértékben mint a Nap.

lassabban kering, míg forgása egyenlő sebességű, majd a nyugati, majd akeleti szélén látunk többet, s ez a Hold *hosszúsági libegése*. Továbbá a Hold egyenlítője és keringési pályájának síkjai $1^{\circ} 32'$ szögletet képeznek, s azért néha az északi, néha a déli sarka körüli vidéket láthatjuk; ez a *szélességi libegése*. Végre a Föld forgásánál fogva a Föld és Hold középpontjait összekötő vonalnak majd jobb majd bal oldalára kerülünk; ha e vonal jobbra vagyis nyugatra esünk, a Hold nyugati oldalán, a másik esetben pedig annak keleti oldalán látunk valamivel többet; ez a *naponkénti libegés*.

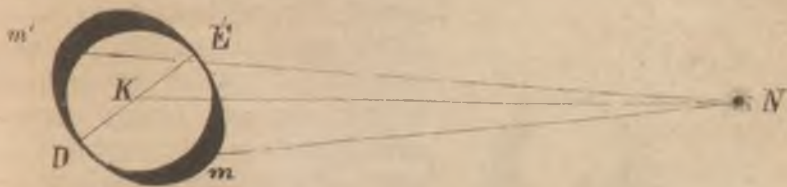
A Nap és bolygók kölcsönös vonzása által okozott változások, az úgynevezett háborgatások. A Naprendszerhez tartozó égi testek mozgása mindnyájok kölcsönös vonzásának eredménye. A bolygók szorosan véve nem a Nap középpontja, hanem az egész rendszer közös súlypontja körül keringnek, mely azomban a Nap területébe esik, mert tömege az összes bolygókkal szemben is nagyon túlsúlyos. Említettük már, hogy az égi testek kölcsönös vonzása miatt mindegyiknek pályája és mozgása bizonyos módosulásokat szenved, melyeket *háborgatásoknak*, zavarásoknak neveznek, mivel a módosulások és változások a mozgási viszonyokat bonyolította teszik s a számításokat nehezítik.

Képzeltük magunknak azt az esetet, melyben a Nap, Föld és Hold egyenes vonalban vannak egymással. Ilyenkor a Nap a hozzá közelebb eső Földet természetesen erősebben vonzza, mint a Holdat, s ezzel egyszersmind a Földnek a Holdra gyakorolt vonzását is gyengíti. Ellenben midőn a Hold első vagy utolsó negyedben van, tehát a Naptól 90 foknyira esik, akkor az utóbbi által éppen oly erővel vonzatik, mint a Föld, még pedig összehajló irányokban, minél fogva egyszersmind a Föld vonzása a Holdra nagyobbíttatik. E felvett két esetből kitetszik, hogy a Nap és Föld által a Holdra gyakorolt vonzás az utóbbinak különböző állásai szerint változik, s tehát mozgásait különbözően módosítja.

A Hold pályája ferdén áll a földpálya síkjára, s ezt a csomópontokban szegi. Midőn a Hold havi pályafutásában az egyik vagy másik csomópont felé közeledik, a földpálya síkjában álló Nap vonzása a Holdra azt okozza, hogy ez a csomópontot valamivel hamarabb éri el, mint különben történnék; vagyis a Hold a Napnak rája gyakorolt vonzása miatt a földpályát minden hónapban hátrább levő pontban szegi. Tehát a hold- és földpálya szegési pontjai

hónapról hónapra *hátrább*, azaz a földpályán *keletről nyugatra* vonulnak. A Hold pályája 1870-ben és 1871-ben a földpályát leg-éjszakibb és legdélibb pontjaiban szegte, tehát pályájának leg-éjszakibb és legdélibb szélessége a földpálya azon vidékein volt, melyeken ez az egyenlítőt szegi, vagyis a tavasz- és ősypont közelében. Körülbelül 5 év múlva a Hold csomói épen a tavasz- és ősyponttal össze fognak esni, s így évről évre tovább haladva mintegy 19 év alatt a földpályán köröskörül járnak. E körülménynek a Hold állásaira nagy befolyása van. Pályájának síkja a Föld pályája síkjával, mint tudjuk, kerék számmal $5^\circ 9'$ -nyi szögletet képez, tehát legéjszakibb és legdélibb állásai a földpálya síkjától is 5 fok nyíra és 9 percnyire eshetnek s az egyenlítőtől való legnagyobb elhajlásai éjszakra és délre majdnem $28^\circ 39'$ -et tehetnek. Ámde ez csak akkor törtéethetik, ha csomópontjai a tavasz- és ősypont közélébe esnek. Tudjuk, hogy a nap- és holdfogyatkozások beállításának ideje a Hold csomóinak helyzetétől függ, mostanában azok csak az év kezdetén vagy végén és az év közepén fordulhatnak elő, 5 év múlva pedig tavasz és ősypont idejére fognak esni.

Miként a holdpálya és földpálya szegési pontjai vagyis csomói, úgy a földpálya és égi egyenlítő szegési pontjai is megváltoztatják helyzetüket, mozgásban vannak. Ha a Föld tökéletes gömb volna, súlypontja épen a középpontjába esnék, s a Nap, Hold és bolygók vonzásainak irányai mindig szintén a középpontjában találkoznának s így a Föld tengelyének állására semmi befolyást sem gyakorolhatnának. Ámde a Föld a sarkoknál le van lapúlva, az egyenlítőnél pedig fel van duzzadva s azért a Nap és Hold vonzása csak akkor megyen a középpontján keresztül, mikor azok az egyenlítő síkjában állnak.



33. idom.

A 33-dik idom a Föld egyenlítői duzzadmányát nagyítva s a Földet körülbelül oly helyzetben ábrázolja, milyenben nyár elején van. *N* Nap vonzásának iránya a Föld *K* középpontján menne

keresztül, ha nem volna az egyenlítői duzzadmány. Az idomból látni, hogy a duzzadmányra nézve a Nap vonzása a feléje fordult m' pontnál nagyobb, mint a tőle elfordult s azért távolabb eső m' pontnál; tehát a Nap m pontot NK felé igyekszik emelni. Tél elején, midőn D sark van a Nap felé irányozva, ennek vonzása m' pontra erősebb, mint m pontra, tehát a Nap akkor is a nyíl irányában igyekszik a Földet fordítani, azaz a duzzadmányt emelni s a forgási tengelyt a pályának NK síkjára függélyes törekszik tenni. Midőn az éjszaki félgömbön nyár van, az egyenlítői duzzadmánynak a Nap felé fordult része a pálya síkjától éjszakra esik, s a Nap ezt *lefelé* vonja a pálya síkja felé; tél kezdetén pedig a duzzadmánynak a Nap felé fordult része a pálya síkjától délre esik, s a Nap *felfelé* vonja szintén a pálya síkja felé. Mindkét esetben a Nap a Föld tengelyét felegyenesíteni, a pálya síkjával függélyessé igyekszik tenni. Ellenben tavasz és ős kezdetén a Nap nem gyakorol befolyást a Föld tengelyének fekvésére, mert akkor az egyenlítőre függélyesen áll.

A Nap és a bolygók által az egyenlítői duzzadmányra külön gyakorolt vonzás a különböző évszakok s a bolygók különböző állásai szerint majd gyengébben, majd erősebben oda hat, hogy a Föld forgási tengelye függélyes helyzetbe jusson a pálya síkjára. Ez azonban nem történik s nemis történhetik.

Hogy miért nem történik, már a brügattyúval tett kísérlet is mutatja. Ha a brügattyút tengelyével függélyesen eresztjük a földre, ezt a függélyes állását mindaddig megtartja, míg forog. Ha ferde állásban eresztjük a földre, ezt a ferde állását is megtartja, nem hajlik le jobban s nem dől fel, hanem a mint ferde állásban forog, tengelye egy kúpot ír le.



34. idom.

Ezt a 34 dik idom mutatja. Ha a brügattyú tengelyének alsó vége a földön nem dörzsölődne, ugyanazon ferde állását folyvást megtartaná, míg csak forog, s nem esne le, noha a Föld folytonosan lefelé vonja. A dörzsölődés miatt a brügattyú tengelye lassankint felegyenesedik s végre függélyes állásban forog.

A mi a brügattyú tengelyére nézve a Föld vonzása, az a Föld

tengelyére nézve a Nap vonzása. A Föld vonzása nem húzhatja le, nem döntheti fel a forgó brügattyút, mert ennek forgása nem engedi; a Föld tengelye sem emelkedik a keringési pályára való függélyes állásba, mert a Föld forgása nem engedi.

Ezt *Bohnenberger* tübingai csillagász készüléke igen szépen mutatja meg. E készülékben egy lelapított gömb úgy van felfüggesztve, hogy egészen szabadon foroghat minden irányban. T. i. egy állványon karika van megcrósítva, melynek tetőleges tengelye körül egy más mozogható karika s ennek vízszintes tengelye körül még egy mozogható karika forog; e harmadik karika forgási tengelyére egy függélyesen álló tengely van alkalmazva s ezen nyugszik a lelapított gömb, mely tehát a harmadik



35. idom.

karikában foroghat szabadon. Ha a gömb és legbelső karika úgy vannak egyensúlyban, hogy közös súlypontjuk *cd* vízszintes tengelyre esik s tehát nincs ok vagy erő, mely *cd* körül forgást támasztana: akkor *ab* tengely állása nem változik, midőn körülte forgatjuk a gömböt, akárhogy helyezzük avvagy emelgessük vagy ide oda mozgassuk is magát az egész készüléket. De mihelyt *b*nél valami súlyt alkalmazunk, hogy ezen pont némi túlsúlyt kapjon, legott oly igyekezet támad, mely a legbelső karikát és gömböt *cd* tengely körüli forgásra akarja bírni, még pedig úgy, hogy *ab* tengely fölegyenessedjék s *a* pont *f*, *b* pedig *g* pont felé közelítettessék. Azomban ez nem történik mindaddig, míg a gömb elegendő sebességgel forog, hanem a *b*-nél levő túlsúly mellett is *ab* tengely hajlása *fg*-re változatlan marad, s a gömb az ő forgási tengelyével együtt *fg* körül kezd mozogni.

Ha a ferde állásban forgó brügattyú középpontján keresztül egy vízszintes síkot képzelünk magunknak fektetve, s azután jól vigyázunk arra, hogy hol szegik egymást a vízszintes sík és a brügattyú körülete, azt vehetjük észre, hogy a szegési pont a forgás irányát követve lassankint előre halad. A brügattyú tengelyét a Föld vonzása *lefelé* húzza, s azért a szegési pont a forgás irányában

A 36-dik idom a csillagos égre projiciált földpálya és egyenlítő kölcsönös helyzetét ábrázolja. Mindkettőnek síkjai CD vonalban szegik egymást; C az őszpont, D a tavaszpont. E pontok vonala változtatja meg idő folytában a maga helyzetét; a tavaszpont D felől K felé, az őszpont C felől G felé vonul, tehát a tavaszpont évezredek alatt egyik csillagzathból a másikba jut. Tegyük fel, hogy a tavaszpont most D -ben van, 2333 év alatt 30 fokkal nyugatra vonul, tehát annyi év múlva mostani helyzetétől 30 fokkal odább nyugatra fog esni, s így akkor $O \propto$ az égnek azon helyén lesz, hol most $O \propto$ van, azaz K -ban. Ez az oka, hogy miért nem egyeznek többé az állatkör jegyei az illető csillagzatokkal.

A földpálya síkja, mint alább látni fogjuk, csak némi csekély ingadozásokat tesz, tehát a nap-égyenlőségi pontok hátrálását csak az okozhatja, hogy az égi egyenlítő változtatja meg lassankint az ő helyzetét. Ámde az égi egyenlítő fekvése a Föld tengelyének fekvésétől függ, mert ettől mindenkor okvetlenül 90 foknyira esik. A 36-dik idomban E és E' a földpálya sarkai, SS' a világtengely, mely nem egyéb mint a Földnek megnyújtott tengelye. Ha már az égi egyenlítő síkja úgy fordul, hogy a földpályát szegő vonala CD helyzetből KG helyzetbe jut, az csak onnan lehet, mivel SS' világtengely mozdul ki előbbi fekvéséből. És csakugyan a világtengely mozog, még pedig úgy, hogy SS' lassankint EE' , a pálya tengelye, körül egy kúp felületét írja le.

Ezt égtekén szemlélhetővé is tehetjük. Az égtekén meg van jelölve a földpálya, tehát ennek sarkát is kikereshetjük s megjegyezhetjük. (Rendesen meg is van rajta jelölve.) Állítsuk azután az égtekét úgy, hogy a rajta megjelölt földpálya vízszintesen essék s tehát sarka az égteke tetőpontját képezze. A világtengely irányát az égteke középpontjából az éjszaki sark felé, a Sarkesillag közélébe menő képzelt vonal mutatja. E tengely változtatja meg lassankint a helyzetét, de hajlása a földpálya síkjára egészben véve keveset változik s tehát a földpálya sarkától is majdnem egyenlő távolságban marad mindig. Ha most a földpálya sarka, mint középpont körül, az égtekén egy kört húzunk, melynek körülete a mostani éjszaki sarkponton vonul át, akkor meglátjuk az égtekén azokat a pontokat, melyek felé a Föld tengelyének éjszaki sarka az évezredek folyamában mutatni fog. Azon kör átmérője körülbelül $23\frac{1}{2}$ fokot tesz, körülete a *Cepheus* csillagzat két legfényesebb csillaga között, a *Hattyú* csillagzat legfényesebb csillaga, a *Deneb*, továbbá

a *Lant* csillagzatba tartozó *Vega* és a *Sárkány* csillagzat legfényesebb csillaga mellett vonúl el. Ezek azon csillagok, melyek idő jártában éjszaki sarkcsillagokká fognak válni, úgy mint most a *Kis Medve* csillagzat ismeretes csillaga. Most a világtengely éjszaki pontja még folyvást azon csillag felé közeledik, mig nem $\frac{1}{2}$ foknyira közelítendi meg; de azután lassankint el fog tőle távozni; 13,800 év múlva *Vega* csillag lesz a sarkcsillag. Akkor az állatöv azon csillagzatai, melyek most az egyenlítő éjszaki oldalán vannak, attól délre fognak esni, s végre 23,000 év múlva a tavaszpont megint a Kos csillagzattal fog összeválni.

Magában a Földben a tengely állása és iránya változhatatlan, s azért a Föld egyes helyeinek földrajzi szélessége sem változik. De minthogy a tengely iránya a világtérben a földpálya sarka körül körben mozog, azért az éjszaki sarkpont helyét más-más csillag foglalja el s azért idő jártában magának a csillagos égnek a Földről szemlélhető képe is változik. Oly csillagok merülnek fel, melyek valamely helyen azelőtt nem voltak láthatók, más csillagok pedig, melyek láthatók voltak, eltűnnek. Azomban e változások nagyon lassan esnek meg, csak évezredek alatt vehetők észre.

Minthogy az előbbieik szerint az állatkör csillagzatai és jegyei nem egyeznek meg többé, s az eltérések mind nagyobbak lesznek, úgy hogy most a Nap, midőn pl. azt mondjuk, a Kos jegyében van, valósággal a Halak csillagzatában áll, azért a Nap és csillagok fekvését szabatosabban úgy jelölhetjük meg, hogy azt mondjuk meg, hány foknyira esnek a tavaszponttól. Tudjuk, hogy a Nap és csillagok fokbeli távolságát a tavaszponttól a földpálya ívén mérve az ő hosszúságoknak nevezik, tehát így fejezzük ki a dolgot: tavasz kezdetén a Nap hosszúsága = 0, nyár kezdetén = 90°, ősz kezdetén = 180°, tél elején = 270°.

Nemcsak a Nap vonzása hat a Föld tengelyének irányára, hanem a Hold és a bolygók vonzása is gyakorol arra némi, noha sokkal csekélyebb befolyást. A bolygók kisebb nagyobb pályákban egyenlőtlen sebességgel keringenek, azért kölcsönös állásaik, csoportosulásaik nagyon változók. Vonzásuk hatályossága természetesen különböző csoportosulásuktól függ. — A Hold és bolygóknak a Földre gyakorolt vonzásánál fogva a tengely éjszaki sarka nem egyszerű körben mozog az égen, hanem majd valamivel kisebb majd meg beljebb inogva s ide oda biczenve teszi meg ezen mozgását. A

tengely ez ingadozásait, melyek egyébiránt nagyon csekélyek, a *tengely biczenésének* nevezik (mutatio).

Hogy a Hold nem egyenletes mozgással kering a Föld körül, azt már a régiek tudták, de annak okát nem ismerték. Keringésének legnagyobb egyenlőtlenységét az a körülmény okozza, hogy pályája kerülek, melynél fogva majd közelebb majd távolabb van a Földtől. A kerülekben keringő Hold körben való átlagos mozgását majd megelőzi, majd utána marad, még pedig mindkét esetben körülbelöl 6 fokkal és 19 percczel. A Hold átlagosan minden két időperczben egy ivpercznyire vonúl keletre, tehát 24 órában körülbelöl 13 foknyira, de e mozgása néha 15, néha megint csak 11 fokot tesz. Hasonló mozgásbeli egyenlőtleniséget a többi bolygók is mutatnak, nevezetesen a Föld is. Maga a keringési idő az által ugyan nem igen változik, mert egy-egy pályafutás által a megelőzés nagy részben a hátramaradás által s viszont ez amaz által ismét kiegyenlítődik.

A Holdnak mozgásbeli egyenlőtleniségét azonban leginkább a Nap okozza. T. i. a Hold a Földet kísérve kering a Nap körül. Holdtöltekor a Föld esik közelebb a Naphoz, mint a Hold, újholdkor megfordítva a Hold van közelebb a Naphoz mint a Föld. A különbség körülbelöl $\frac{1}{401}$ s $\frac{1}{400}$ tesz. Tehát a Nap holdtöltekor a Földet vonzza erősebben s ennek következtén a Hold *kisebb* erővel nehezkedik a Föld felé; újholdkor meg a Holdat vonzza erősebben, de ennek következménye is az, hogy a Hold aránylag kisebb erővel nehezkedik a Föld felé. Mindkét esetben a Nap vonzása okozza, hogy a Hold aránylag *lassabban* mozog a Föld körül. Midőn a Hold első és utolsó negyedében áll, a Földdel egyenlő távolságra esik a Naptól, ez tehát akkor mindkettőt egyenlő erővel vonzza. De vonzásának irányai, melyek a Holdat és Földet érik, az ő középpontjából indulnak ki, vagyis más szóval a Napnak vonzási irányai annak középpontjában találkoznak, tehát nem egymuközűiek, hanem a Nap felé összehajlók, s ez által a Hold a Föld felé tereltetik, azaz a Hold nehezkedése a Föld felé erősítettetik. Ennek következtén a Hold első és utolsó negyedében *sebesebben* mozog a Föld körül. Mozgásának azon változásait, melyeknél fogva újholdkor és holdtöltekor *lassabban*, első és utolsó negyedkor *sebesebben* mozog, *evection*-nak nevezik. Ez a Hold mozgásának legnagyobb egyenlőtlenisége s 1 fokot 20 perczet is tesz. Már Hipparchosz vette észre.

Az újholdkor és holdtöltekor való lassabb mozgás az első és utolsó negyedkor való sebesebb mozgás által nem egyenlítették ki tökéletesen, a lassabbítás két akkora mint a gyorsabbítás, tehát a Hold pályafutása a Föld körül egészben véve valamivel lassúbb, azaz hosszabb ideig tart, mint különben, a Nap vonzása nélkül tartana. Minthogy azomban a lassabbítás a Holdnak minden pályafutásánál előfordul, keringési idejében nem támadhatna különbség, ha a lassabbító hatás mindenkor egyenlő volna. Ámde ez nincs úgy. A Föld nyanyis szintén kerülékes pályát fut, jelenben januar 2-kán esik legközelebb a Naphoz s jul. 2-kán legtávolabb van tőle. Minden 71 esztendő mulva egy-egy nappal később jut a Napközelbe és Naptávolba. Midőn már a Föld a Napközelben van, akkor a Nap vonzása nemcsak a Földre, hanem a Holdra nézve is aránylag legnagyobb. S onnan van, hogy a Holdnak a Nap által lassabbított mozgása télben nagyobb mértékben vehető észre mint nyáron; télben a Hold 27 nap 12—13 óra alatt, ellenben nyáron 27 nap és 1 óra alatt végezi pályafutását a Föld körül. Ezt az egyenlőtlenséget a Hold *évi egyenletének* (aequatio) nevezik, 11 perczet 10 másodperczet tesz. Abulfeda arab csillagász a 16. században s utóbb Tycho de Brahe fedezték fel.

Továbbá még egy körülményt kell tekintetbe vennünk. A Föld pályája most nincs aránylag annyira kinyújtva, mint évezredek előtt volt, azaz pályája most kevesebbet tér el a körtől, mint hajdan, középkihútlisége most kisebb, mint egykor volt. A nagy tengelynek hossza állandó, de a kis tengely hossza változik azon arányban, a melyben a pálya a körtől többet vagy kevesebbet eltér; minél kertülékesebb alakú a pálya, annál rövidebb a kis tengely. Ennek változása miatt a Föld távolságai a Naptól is változnak; csak átlagos távolsága, vagyis legnagyobb és legkisebb távolságainak átlaga változatlan. E körülmény szintén módosítja a Holdnak a Nap által okozott egyenlőtlenségeit, vagyis a Nap által lassabbított mozgásait. Ezen igen csekély ingadozást *százados egyenletnek* nevezik.

Már Tycho de Brahe a Hold pályájának egy más egyenlőtlenségét is észlelte. Mikor t. i. a Hold az ugynevezett *nyolczadokban* (Octant) áll, azaz feleüton van egyik fényváltozásától a másikig, (újholdtól első negyedig, első negyedről holdtöltéig, holdtöltétől utolsó negyedig s utolsó negyedről újholdig) a Holdra és Földre gyakorolt vonzás mindig más és más, s ezáltal a Holdnak mind

távolsága mind iránya módosíttatik; e kombinált hatás eredményét különösen *változásnak*, *variatio*-nak nevezik. Ez csekélyebb mint a feljebb említett *erectio*, mintegy 30 perczet tesz, mégis mellőzni azt sem lehet. Már Ptolemaeusz vette vala észre.

Még más változásokat és egyenlőtlenségeket is tapasztaltak, melyek részint rövid időszakokban, néhány hét, hónap vagy év alatt, részint csak nagy idő múlva egyenlítődnék ki. Így pl. észrevették, hogy a Hold csillagi keringésideje lassankint fogy, azaz hogy átlagos keringési sebessége növekedik. E szerint a Hold pályájának nagy tengelye kisebbedik s a Hold mindinkább a Föld-hez közeledik. A Hold átlagos mozgásának gyorsabbodása s csomópontjai és apszisai mozgásának lassabbodása a földpálya közép-kivültségének változásaitól függ. — Ha mind ezeket meggondoljuk, valamint azt is, a mit már feljebb a Hold valóságos mozgásairól mondtunk, képzelhetjük magunknak, mily bajjal járhatott a Hold különböző mozgásait, állásainak helyeit meghatározni s az időt is pontosan kiszámítani, melyben azokat elfoglalja s így pl. a hold- és napfogyatkozások beállásának idejét és azoknak egyéb körülményeit is pontosan megállapítani. S ezt nemcsak a jelenre, hanem a jövőre és múltira nézve is megtették. A Hold mozgásainak viszonyairól táblázatos kimutatásokat az úgynevezett holdtáblákban találjuk. Euler Lénárt (1747-ben) és Mayer Többi's a múlt század közepén az első szabatos holdtáblákat készítették, melyeket utóbb mások, legújabbban Hansen kiegészítének és tökéletesbítének.*)

Miként a Föld és Hold, úgy a többi bolygók mozgásaiban is különböző egyenlőtlenségeket és változatokat észleltek. E háborgatások megfigyelése és kiszámítása a legnagyobb elnéket foglalkoztatta s a tudományos vizsgálódásokra igen nagy befolyást gyakorolt. Az úgynevezett zavarások, mondja Maedler, szellemi táveső gyanánt szolgálnak, melylyel nem kevesebb jelentős felfedezéseket lehet tenni, mint a Lippershay, Jansen és Galilei által szerkesztett testi távesővel.

*) Newton a Hold mozgásában már nyolcz különböző egyenlőtlenséget vagyis háborgatást számított vala ki, most pedig már több mint 60 efféle egyenlőtlenséget ismernek és vesznek számba. — Mayer holdtáblái 1753-ban s javítva 1762-ben jelenének meg. Bradley 1770-ben javítá, s a brit országgyűlés azon évben Eulernek 3000 font sterlinget s Mayer özvegyének ugyanannyit szavazta jutalomul.

A Föld tengelyének *biczenését* már említettük. Még más ingadozásait is meg kell érintenünk.

A Föld forgási tengelye a keringési pálya tengelye felé felváltva némileg közeledik s aztán ismét eltávozik; a földpálya ferdesége is szenved némi változásokat; végre a nap-éjegyenlőségi pontok hátrálása sem történik egyenletes mozgással. E csekély ingadozások körülbelől $18\frac{1}{2}$ évi időszakokban folynak le.

A földpálya ferdesége általán véve változatlanak tekinthető, s midőn idáig róla szó volt, mindig annak tekintettük; azt mondtuk, hogy $23\frac{1}{2}$ fokot tesz. Szorosan véve azonban az nem áll. 1750-ben $23^{\circ} 28' 18''$ -et tett, azóta pedig csökkent, csökkenése 80 év alatt mintegy $38''$ -et tesz. E szerint most mintegy $23^{\circ} 27''$ -et tesz.

A bolygók s különösen a Venusz és Jupiter befolyása következtében a földpálya is változik oly formán, mintha az a Nap által elfoglalt gyűpont körül mozogna. A *földpálya ezen forgása* nyugatról keletre történik, úgyhogy a napközeli és naptávoli pontjai, vagyis a *nagy tengely* végpontjai, az *apsziszok*, az állatkör jegyeinek sorrendje szerint mozognak; e mozgásuk évenként több mint 11 másodpercet tesz. Ugyanazon irányban történik, mint a Föld keringése, tehát a nap-éjegyenlőségek előhaladásához járul, ezeknek következményét öregbíti. E szerint minden évben $50 + 11$, azaz 61 másodpercczel kezdődik hamarabb minden évszak, mint e mozgások nélkül kezdődne. S onnan van, hogy a nap-éjegyenlőségi pontok nem 25,600, hanem már körülbelől 21,000 év alatt futnak köröskörül az egész keringési pályán.

E szerint a naptávoli és napközeli pontjai is megváltoztatják helyzetöket. Mostanában a Föld januar első napjaiban éri el a napközelt, s julius elején jut a naptávolba. De e viszony változik, s bizonyos idő múlva a Föld januar elején a naptávolban s jul. elején a napközelen lesz. Körülbelől 1248 év előtt a Föld a naptávolban június 21-dikén s a napközelen deczemb. 21-dikén volt, akkor tehát az éjszaki félgömbön a nyári évszak aránylag legtovább tartott. Most a nap-éjegyenlőségi pontok s az apsziszok mozgásánál fogva az éjszaki félgömbön a nyári évszak lassankint rövidebb és rövidebb lesz s körülbelől 10,000 év múlva aránylag legrövidebb lesz, mert akkor az éjszaki félgömb nyarának elején a Föld nem a naptávolban, hanem a napközelen fog állani. Akkor tehát a déli félgömbön fog tovább tartani a nyár. Most nálunk az éjszaki félgömbön kerék számmal a tél 89, a tavasz $93\frac{1}{2}$, a nyár $93\frac{1}{2}$, az

ősz 90 napig tart, 10,000 év múlva pedig a tél $93\frac{1}{2}$, a tavasz 89, a nyár 89 s az ősz $93\frac{1}{2}$ napig fog tartani, tehát akkor a nyári féltévre 178, a télire pedig 187 nap fog esni.

A *földpálya középkiülsége* is szenved némi csekély változásokat, t. i. a kis tengely felváltva növekedik és kisebbedik, mint már említettük. Most a kis tengely lassan növekedik, tehát a földpálya középkiülsége, mely ugy is csekély, még inkább csökken. A csillagászok számításai szerint a földpálya középkiülsége 11,400 évben K. előtt volt legnagyobb s értéke 0.01965 tett, azóta csökken s folytonos csökkenése 36,900 évig tart, legkisebb értékét 25,500-ban K. után fogja elérni s 0.0039 fog tenni. Azután megint növekedni fog.

Végre a bolygók kölcsönös vonzása nemesak a Földnek a Naptól való távolságára gyakorol némi befolyást, hanem általában az összes bolygók ebbeli távolságában okoz némi ingadozást. De az átlagos távolság csak igen csekély mértékben ingadozik, t. i. kerék számmal a Merkuriusznál 200, a Venusznál 1000, a Földnél 1900, a Marsznál 8000, Jupiternél 170,000, Szaturnusznál 800,000, Uranusznál 300,000 mfdldel.

A *naprendszer állandósága*. Megemlítettük a nevezetesebb változásokat, ingadozásokat, háborgatásokat, melyeket a Hold és Föld s a többi bolygók szenvednek az összes bolygók és Nap kölcsönös és általános vonzásánál fogva. Ez ingadozások és úgynevezett háborgatások gyakran némi aggodalmat okoztak; némelyek azt gondolták, hogy a naprendszerben uralkodó rend felbomolhatnék s különösen az égi testek összelitközése a „világ végét“ okozhatná. De a legpontosabb számítgatások s különösen *Laplace* francia tudós hámulatos számítgatásai bebizonyították, hogy az említett változások és ingadozások csak bizonyos határok között folynak le s kisebb s nagyobb időszakok alatt ismét kiegyenlítődnek.

Sajátságos s igen nevezetes körülményeket mutatnak azon bolygók, melyek egymáshoz aránylag legközelebb esvén, mintegy *ikreket* vagy *párokat* képeznek, s melyeknek keringési időit egyszerű számarányok által csaknem tökéletesen lehet kifejezni. Ilyen párok: *Föld* és *Venusz*, *Jupiter* és *Szaturnusz*, *Uranusz* és *Neptunusz*. Az első pár keringési időit 13 : 8, a másodikét 2 : 5, a harmadikét 1 : 2 számarányok fejezik ki, 2 óra, illetőleg 29 nap és 1 év hián. Mindegyik pár határozott kölcsönös viszonyban van egymással, s körülbelől úgy vannak vele, mint két, nem egészen egy-

formán járó, ingás óra, melyek egymás mellé állíttatnak. Az egyik óra ingalengései hatnak a másik óra ingalengéseire; a különbség, melyet járásuk eleintén mutatott, lassankint csökken, de tökéletesen még sem enyészik el. A hollyópárok is hatnak egymásra, egyik hollyó másik társának mozgását igyekszik módosítani, az egy párt képező két hollyó mozgásai lassankint mind egyenlőbbekké válnak, de azután ismét eltérnek egymástól, tökéletes egyenlőség nem áll be közöttük. Mozgásaik ingadozásai és változásai bizonyos időszakokban folynak le, melyek a Föld és Venuszra nézve 345, Jupiter és Szaturnuszra nézve 930, Uranusz és Neptunuszra nézve körülbelül 4000 évig tartanak.

De vajjon a Föld forgásának sebessége s tengelyének állása magában a Földben nem változott-e s nem fog-e a jövőben változni? Némelyek különösen az utóbbit állították, s vannak, kik még most is állítgatják.

A Föld forgási sebessége csak úgy változhatott volna vagy változhatnék jövőben, ha térfogata vagy kisebbednék vagy pedig növekednék. Első esetben a Föld forgása *sebesebbé*, a másik esetben pedig *lassabbá* válnék; azaz első esetben a napok hossza fogyna, a másik esetben növekednék. Sem földbeli, sem világbeli (koszmikus) eseményeket vagy körülményeket nem ismerünk, melyek a Föld tér-fogatát észrevehetőleg akár kisebbítették akár nagyobbitották volna. Némelyek a Földre hulló meteorikövekre hivatkoznak, melyek által a Föld tömege szaporíttatik s tehát teste nagyobbitatik. De millió meg millió esztendő kellene, míg a lehulló meteorikövek folytán a Földnek félátmérője csak egy lábbal is nagyobbitatnék.

Egy körülmény csakugyan van, mely a Föld forgására lassítólag hat, de felette csekély mértékben. Ez a tengerek *dagályhulláma*, mely a Hold látszatos járását követve a Föld forgásaival ellenkező irányban s majdnem oly sebesen halad, mint a Föld forog. A keletről nyugatra gördülő dagályhullám a tengerek mélységébe nem hat messzire, nem mozgatja meg az egész tengert a fenekéig, hanem aránylag csak kis víztömeget kavarr fel. A Föld egész tömegéhez képest oly csekély víztömeg mindazáltal a keletre irányzott partokhoz csapkodik, ezekre tehát lökést gyakorol, melynek iránya a Föld forgásaival ellenkező, s mely ennél fogva némi hatást a forgási sebességre csakugyan képes gyakorolni. De ez oly csekély,

hogy következtében a valószínűségi számítások szerint egy millió év alatt a Föld forgási ideje vagyis a nap csak 1 s legfeljebb $1\frac{1}{2}$ másodpercczel növekedett, illetőleg növekedhetett volna. A régi időből feljegyzett hold- és napfogyatkozásokból kitetszik, hogy a görögök és rómaiak ideje óta a nap egy másodpercznek 60-ad részével sem fogyott vagy növekedett.

Mielőtt Földünk alakjáról világos képzeletök volt, tudós emberek is vélhették, hogy Földünk *forgási tengelyének* valamikor más állása volt, mint most, hogy tehát az egyenlítő, a délkörök stb. helyzete is más volt. Még *Tycho* is azt gondolta, hogy Alexandria földrajzi szélessége Eratoszthenesz és Hipparchosz idejében más volt. De korunkban ilyesmit senkisé is fog gondolhatni, a ki a mechanika törvényeit ismeri, s kitlönösen a ki tudja, hogy ha valamely testnek többféle tengelyei vannak, forgási tengelyévé mindig okvetlenül az válik, mely aránylag a legrövidebbik. Minden test szabad forgási tengelyének határozott fekvése van, mely az illető test alakjától és tömegének feloszlásától függ s ennek tetemes változása nélkül nem is változhatik. *Bessel* számítás által kifürkészte, hogy micsoda változtatás a Föld anyagrészeinek egyensúlyában volna szükséges arra, hogy forgási tengelye csak egy ívbéli másodpercczel, azaz 96 lábnyi távolsággal változtassa meg mostani helyét és állását. Ugy találta, hogy 114 köb mélyföldnyi földtömeget 90 foknyi, azaz 1350 mérföldnyi távolságra kellene a Föld egyik helyéről a másikra átszállítani! S mégis vannak még most is emberek, kik állítják, hogy a Föld egyenlítője hajdan azon tájakra esett, hol most Szibéria van. Mivel t. i. Szibériában az ősvilági maradványok között oly állatok találhatnak, melyek a melegebb földövekben élő elefántokhoz hasonlítanak; s mivel az éjszaki vidékeken, hol most bokor sem terem, mint pl. a Grönland nyugati partjai előtt levő Diszko szigetben, Spitzbergában s másutt is közséntelegek, a Parny-szigetecsoporton itt-ott egész megkövesült erdők fordulnak elő: azért némelyek azt vélik, hogy a Földön valamikor más rend volt mint mostanában, a meleg máskép volt elosztva, s tehát fölteszik, hogy a Föld forgási tengelyének is más fekvése és állása volt. *Bortisch* azt véli, hogy valamely világtest ütközött a Földbe; *Bouheporn* gondolja, hogy valamely tisztökös, noha gyér anyagból áll, roppant sebességével okozta a nagy változást. Ámde mindezen és más hasonló véletek egészen alaptalanok. Ha Földünkön csakugyan oly nagy változás történt volna, milyent a tengelyének áthelyezése föltételez, ez oly rémitő

rombolással járt volna, hogy az űsvilági állatok és növények maradványai bizonyosan nyom nélkül eltűntek, tökéletesen elpusztultak volna.

Mások azt gondolták, hogy valamikor a földpálya és egyenlítő síkjai összeestek s hogy akkor folytonos tavasz uralkodott a Földön. De ha ez lett volna az eset, akkor nem örökös tavasz, hanem az egyenlítő vidékein roppant forróság, a mostani mérsékelt övekben aprilisi időjárás, s a hideg földövekben örökös tél uralkodott volna, mint ezt már előadtuk.

Hogy a földpálya ferdesége nem állandó, hanem némi változásoknak van alávetve, azt már szintén említettük. Ferdeségének szöglete most csökkenőben van, de e csökkenése 120 év alatt csak egy perczet tesz. Nehány ezer év múlva a ferdeség csak 19 fokot fog tenni, holott most valamivel többet mint $23^{\circ} 27'$ -et tesz, s Eratoszthenesz idejében $23^{\circ} 45'$ -et tett. A ferdeség maximuma körülbelől 10,000 év előtt volt s körülbelől 27° -ot tett. Lesz idő, mikor a ferdeség ismét növekedni s utoljára e maximumát fogja elérni. Kétséggel a pálya ferdeségének változása az egyes földvidékek égálji viszonyaira gyakorol némi befolyást, s mint *Maedler* mondja, »körülbelől 5000 év múlva Berlin vidékén oly nyár lesz, mint most Kopenhágában, s oly tél, mint most Majna melletti Frankfurtban van, az évszakok különbsége csekélyebb lesz. Valamivel kevesebb bekesre s több köpönyegre lesz szükség, mint most, s a torneai torony, melyről most nyár elején az éjféli Napot látni, az Éjszaki fókhegy közelébe fog esni. Az évelő növények kissé messzibb vidéken fognak elterjedhetni, a nyári növények pedig, mint a gabna-félék, szőlő, gyümölcsök kissé szűkebb határok közé fognak szorúlni, s mind ennek az ellenkezője fog történni, midőn a pálya ferdesége majdan ismét növekedendik. Ezek igenis változások, de oly csekélyek, hogy hőmérséki észleléseinket még ezer évig is folytathatjuk, annélkül hogy a változást észrevehetnők.«

Különösen *Adhémar* francia tudós azt is állította, hogy a Földnek súlypontja változhatik. Okoskodásának lényege abban áll:

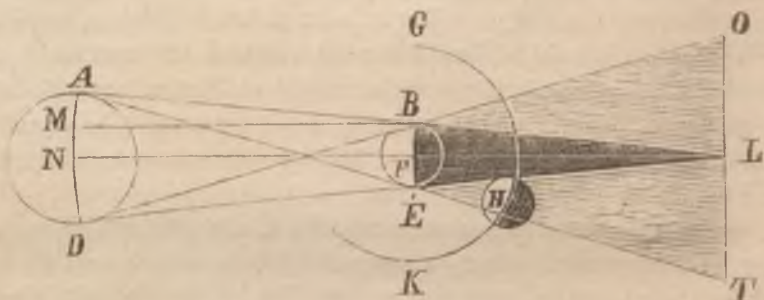
Mostanában a Föld akkor áll legközelebb a Naphoz, mikor az éjszaki félgömbön van a tél, ennek kezdete Kr. u. 1274-ben épen a napközeli pontjával esett össze. Mikor majd K. u. a 14,074-dik esztendő leend, a Föld épen az éjszaki félgömb nyarának s a déli félgömb telének kezdetén fog a napközeli állani. Mostanában a Föld déli sarkvidékén nagyobb jégtümegek vannak összehalmo-

zódva, mint az éjszakin, mert a déli félgömb nyara rövidebb ideig tart, mint tele; ámde 14,074-ben a nagyobb jég-tömegek az éjszaki sark vidékein lesznek összehalmozódva. E roppant jég-tömegek a Föld szilárd testének részét képezik; a mennyiben nem úsznak a tengeren, hanem a fenekén vannak lerakódva, tehát az egész Föld súlypontja azon oldal felé helyezkedik, melyen aránylag legnagyobb jég-tömegek vannak. Most a Föld súlypontja a déli félgömb felé esik, de majdan az éjszaki félgömb felé fog fordulni. A súlypont e helyváltoztatása bizonyos billegést okoz a két félgömbön, majd a déli, majd az éjszaki félgömb billen föl, s azért a tengerek majd az egyik, majd a másik félgömböt árasztják el. Most a tengerek túlnyomólag a déli félgömbön vannak, 14,074-ben pedig az éjszaki félgömböt fogják elárasztani, s a legnagyobb száraz területek a déli félgömbön lesznek.

Azomban ez elmés nézet nem állja ki a bírálatot. Elsőben is meg kell jegyeznünk, hogy a mely félgömbön a telek keményebbek, ott a nyarak is aránylag melegebbek és hosszabbak, a hol pedig a telek enyhébbek, a nyarak is hűvösebbek. Ha tehát Adhémar szerint mostanában lassankint az éjszaki sark körül halmozódnak össze nagyobb jég-tömegek, a melegebb nyár alatt aránylag nagyobb jégmennyiség ismét el is olvad. Meglehet, sőt bizonyos, hogy nyáron nem olvad el mindig ugyanannyi jég, a mennyi a tél alatt képződik, s meglehet, hogy felváltva az egyik vagy a másik sark körül évről évre nagyobb jégmennyiség támad, mintsem elolvad, hogy tehát a jég-tömegek csakugyan felváltva az egyik és másik sarkon nagyobb mennyiséggel halmozódnak össze. Ámde a jég könnyebb mint a víz, fajsúlya csak 0.88, a Föld átlagos fajsúlya pedig 5.69. Továbbá legalább nagyjából tudjuk, meddig terjednek a sarkvidékeken az örökös jég-tömegek, s föltehetjük, hogy a legnagyobbak a sarkvidékeknek éppen közepén, azaz a sarkokon vannak felhalmozódva leginkább. *Maedler* e feltevésből kiindulván kiszámítá, hogy mekkora jég-tömegek kívántatnának a sarkon, hogy a Föld súlypontja báresak egy lábbal is helyét megváltoztassa. Azt találta, hogy a jég-tömegeknek 384 lábnyival nagyobb magasságra kellene növekedniök az egyik sarkon, mint a másikon, hogy csak ily csekély változást is okozhassanak. Tehát a képzelhető legnagyobb jég-tömegek felhalmozódása az egyik vagy másik sark körül sem okozhatna észrevehető változást a Föld súlypontjának elhelyezésében; e szerint a félgömbök váltakozó billegése s

az ebből származó tengeri áramlások és elöntések (özönvizek) csak a mesék országába tartoznak.

A hold- és napfogyatkozások. A Hold és Föld sötét és át nem látszó testek, s midőn a Nap rájuk sítve egyik felüket megvilágítja, másik felük árnyékot vet a világtérbe. Minthogy a Nap sokkal nagyobb mint a Hold és Föld, azért ezeknek árnyéka kúpalakú; az árnyékkúp kerek alját a Hold, illetőleg a Föld körülete képezi.



37. idom.

A 37-dik idomban N a Napot, F a Földet, H a Holdat, GK a holdpályát jelenti. Ha AB és DE a Nap és Föld körületeit érintő irányok, az ezekben húzott vonalak határolják meg a Napnak azon sugarait, melyek a Földre esnek. Képzeljük magunknak a világítás azon határvonalait addig megnyújtva, míg nem, L -ben találkoznak, s megtaláljuk az árnyékkúpot, melyet a Földnek a Naptól elfordított oldala a világtérbe vet. Az árnyékkúp tengelye FL az NF , a Nap és Föld középpontjait összekapcsoló egyenes vonalnak folytatása; minthogy pedig NF a Földnek a Nap körüli keringésénél fogva a földpálya síkját képezi, azért FL mindig a földpálya síkjának folytatásában fekszik. Mily hosszú már FL , az árnyékkúp tengelye? E végre FN vonallal egyenközűn BM vonalt húzzuk, s egy paralelogrammot kapunk, melyben az egymással átellenben eső oldalak egyenlők, tehát $MN = BF$ s $MB = NF$, tehát AM akkora, mekkora a Nap és Föld félátmérőinek különbsége. AMB háromszögnek szögletei épen oly nagyok mint BFL háromszögéi, s a két háromszög oldalai egyenlő viszonyban állanak egymáshoz, tehát $AM : MB = BF : FL$. Ez szóval kifejezve azt jelenti: Az árnyékkúp tengelyének hossza úgy viszonylik az árnyékot vető világtest félátmérőjének hosszához, mint e világtest és a Nap félátmérőinek különbsége viszonylik azon világtest középpontjának a Nap közép-

pontjától való távolságához; vagy pedig: a Nap és az árnyékot vető világtest, pl. a Föld félátmérőinek különbsége úgy viszonylik a két világtest középpontjainak egymástól való távolságához, mint a világtest pl. a Föld félátmérője viszonylik az árnyékkúp hosszához. A Nap félátmérője 112-szer nagyobb mint a Földé, a két félátmérő közötti különbség tehát 111 földi félátmérőt tesz. A Föld átlagos távolsága a Naptól 24,266 földi félátmérőt tesz, tehát a feljebbi szabály szerint a következő egyenlet támad: $111 : 24,266 = 1 : x$, azaz a Föld árnyékkúpja tengelyének hossza 218.62 földi félátmérőt, vagyis több mint 188,000 mfldet tesz.

BL és *EL* a teljes árnyékkúp határai, ezek közé semmi fény-sugár sem juthat, tehát a közöttük foglalt árnyék egészen sötét. Ezt a *teljes árnyékot* félárnyék környezi, melynek területén a Nap egyik része látható, tehát sem teljes világosság, sem teljes sötétség nincsen. A félárnyék határvonalait *BO* és *ET* jelölik meg, melyeket úgy kapunk meg, ha a Nap alsó széléről a Föld felső szélére s a Nap felső széléről a Föld alsó szélére, tehát *D* felől *B* s *A* felől *E* felé húzunk egyenes vonalokat s azokat odáig nyújtjuk, a meddig az árnyékkúp tengelye ér.

A Hold a Föld körül *GK* pályán kering, ha tehát a teljes árnyék kúpjába jut, természetesen *holdfogyatkozás* támad. A Hold távolsága a Földtől körülbelül annyi, mint 60 földi félátmérő; ily távolságban a Föld árnyékkúpjának körülete még akkora, hogy sugara $\frac{5}{7}$ földi félátmérővel egyenlő. A Hold félátmérője $\frac{3}{11}$ földi félátmérő, tehát a Föld árnyékkúpjának sugara a Hold távolságában körülbelül még $2\frac{3}{4}$ -szer nagyobb mint a Hold félátmérője. A Földről tekintve a Hold távolságában az árnyékkúp félátmérője körülbelül 47, a Hold félátmérője pedig 17 percznyi szöglet alatt látszik, tehát a Föld árnyéka $2\frac{3}{4}$ Holdat boríthat be.

A Föld árnyéka *holdfogyatkozást*, a Hold árnyéka pedig *napfogyatkozást* okoz. A Föld árnyékának középpontja természetesen mindig a földpálya síkjába s a Nappal épen átellenbe esik. Ugyan- csak a Hold árnyékának középpontja is a holdpálya síkjába és szintén a Nappal átellenbe esik. Ebből kitetszik, hogy holdfogyatkozás egyedül holdtöltekor s napfogyatkozás egyedül újholdkor lehetséges, mert csak holdtöltekor, mikor a Hold és Nap szemben állnak, eshetik a Föld árnyéka a Holdra, s egyedül újholdkor, mikor a Hold a Nappal együtt áll, takarhatja el a Hold a Napot a földi lakosok elől. Ha a Hold és Föld pályáinak síkjai összeesnének, min-

A Hold D -ből E csomóponton át B felé majdnem 13-szor sebesebben mozog, mint a Föld árnyékának köre C pontból E ponton át A felé. Ebből következik, hogy a holdfogyatkozás fent vagy alant kezdődik, a mint t. i. abban a pillanatban az árnyékkör E ponttól keletre vagy nyugatra esik, s tehát a Hold középpontjának szélessége vagy északi vagy déli.

Az árnyékkör mozgásának sebessége akkora, mint a Föld keringési sebessége (vagyis a Nap látszatos mozgásának sebessége), tehát az árnyék 24 óra alatt körülbelül egy foknyira halad kelet felé, a Hold pedig ugyanannyi idő alatt 13 fokot halad. Mihelyt a Hold korongja az árnyékba lép, ez egy helyt látszik vesztegelni, és csak a Holdat látjuk mozogni nyugatról keletre, még pedig az árnyék mozgása miatt egy foknyival kisebb, azaz 12 foknyi sebességgel 24 óra alatt. Rendesen azomban csalódásból úgy látszik nekünk, mintha a Hold vesztegelne, s mintha az árnyék vonulna rajta keresztül balról jobbra, azaz keletről nyugatra, még pedig 24 óra alatt 12 foknyi sebességgel, úgy hogy 2 órára 1 fok, 2 időperezre 1 ívbéli perez és egy idő másodperezre $\frac{1}{2}$ ívbéli másodperez esik.

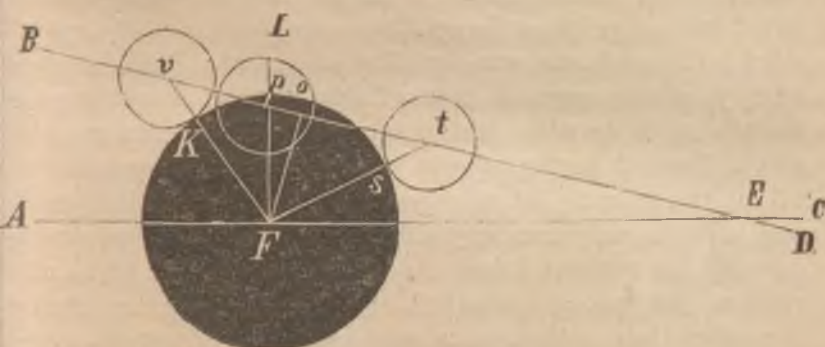
A holdfogyatkozás vagy *teljes* vagy *részleges*, a mint t. i. a Hold fényes tányéra vagy egészen vagy csak részben van elhomályosítva. Hogy a részleges holdfogyatkozás nagysága számokban kifejezhető legyen, a Hold látszatos átmérőjét 12 egyenlő részre osztják, melyeket *hüvelykeknek* szoktak nevezni, s így meghatározhatják, hány ily rész vagyis hüvelyk esik az árnyékba.

A feljebbi 38. idomból látni, hogy teljes holdfogyatkozásra nézve legkedvezőbb eset az, mikor az árnyékkörület középpontja éppen az E csomópontba esik, mert akkor a Hold fényes tányérának középpontja a fogyatkozás alatt az árnyékkörnek egész átmérőjén halad át. Minden más esetben a Hold középpontja az árnyékkörnek csak kisebb nagyobb húrján megyen el. A fogyatkozás legkedvezőbb esetében a Hold középpontja az árnyékkör középpontjától akkor, mikor a teljes fogyatkozás kezdődik, vagyis a Hold egészen az árnyékba jut, oly távolságra esik, mint a mennyeivel a Hold félátmérője kisebb az árnyék félátmérőjénél; azaz $47 - 17 = 30$.

ményt már a régi görögök vették észre, s minthogy a fénysugarak törésének törvényeit nem ismerték, azt hitték, hogy a Hold nem a Naptól világíttatik meg, mert a fényes Nappal szemben el volt sötétítve, s hogy azt nem a Föld árnyéka, hanem más bolygó sötétíti el.

8 perc alatt fut meg. Ha tKv szöglet 90 foknyi, akkor az egész derékszögletű háromszög, s akkor tv oldala $90\frac{1}{2}$ ivpercnyi, tehát akkor az egész fogyatkozás 181 időperczig (3 óráig 1 perczig) tart.

Az AC -re F -nél vont függélyes Fp , a legerősebb fogyatkozás helyét jelöli meg, s p a leginkább elsötétített Hold helyének közép-pontja. A mint már e vonal irányában a Hold félátmérője még egészen beléje esik az árnyék félátmérőjébe, vagy esen túl érven kiáll, a szerint teljes vagy részleges a fogyatkozás.



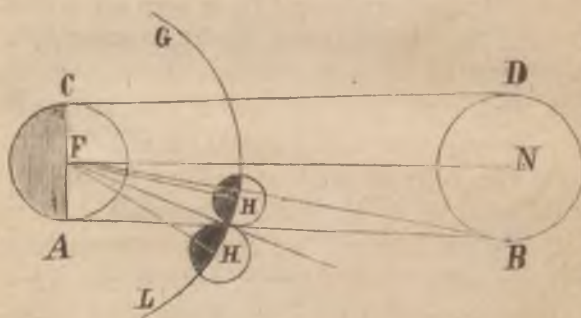
40. idom.

A 40-dik idom *részleges fogyatkozást* mutat, még pedig olyat, mely mellett a legnagyobb elsötétüléskor a Hold tányérának épen fele, 6 hüvelyk van elhomályosítva. Ez esetben FpL épen oly hosszú, mint az árnyék és Hold félátmérői együttvéve. Ha az épen oly hosszú, mint az árnyék félátmérője s a Hold egész átmérője, akkor *pillanatnyi részleges* fogyatkozás áll be, mely tehát már alig észrevehető. Ha pedig ugyancsak FpL csak épen oly hosszú, mint az árnyék félátmérője, akkor *pillanatig tartó teljes* fogyatkozás van. Midőn a Holdnak oly helyzete van, hogy az előbbi idomokban látható sFV háromszög elenyészik, tehát Fs és Fv oldalak összeesnek s BD -re függélyes pF vonalt képezik, akkor F az árnyék középpontja E csomóponttól 13 foknyira esik, s tehát semmi fogyatkozás sincs.

A Hold meg teljes fogyatkozáskor sem egészen sötét, hanem tányérán rendesen látszik némi világosság. Ez a légkörnyünkben megtört napsugarak által támasztatik, oly formán mint a hajnali és esteli szürkület.

Napfogyatkozás, mint említettük, csak újholtkor fordulhat elő, midőn t. i. a Hold pályáján keringve a Föld és Nap közé jut s a földi lakosok elől a Napot vagy teljesen vagy részben elfedi, s így teljes

vagy *részleges napfogyatkozást* okoz. Ha a Hold látszatos átmérője akkora vagy nagyobb mint a Napé, az egész Napot fedi el, de mindig csak a Földnek bizonyos vidékeire nézve. Ha ezen vidékekre nézve a Hold úgy áll, hogy középpontja éppen a Nap középpontjának irányába esik, akkor *központi napfogyatkozás* támad. Ha a Hold tányérának látszatos átmérője kisebb mint a Napé, teljes napfogyatkozást nem okozhat, de a Föld egyes vidékeire nézve a Nap tányérának kisebb nagyobb részét úgy fedheti el, hogy köröskörül világos *gyűrű* marad. Akkór tehát *gyűrűalakú napfogyatkozás* támad, mely vagy központi vagy központon kívüli lehet. Ily gyűrűalakú holdfogyatkozás nem fordulhat elő, mert a Föld látszatos átmérője mindig nagyobb, mint a Holdé. Ellenben ennek látszatos átmérője a földtávolban kisebb és csak a földközelen nagyobb mint a Napé. A napfogyatkozás természetesen csak nappal fordulhat elő, de sohasem látható egyszerre és egyformán a Föld minden azon vidékein, melyeknek egy időben van nappaluk, hanem mindig aránylag kis területen látszik csak, s bizonyos vidéken teljes, más vidéken részleges, gyűrűalakú, központi és központon kívüli lehet. A szemlélő hely változtatásával a napfogyatkozás is változik, vagy éppen nem is mutatkozik; ellenben a holdfogyatkozás a Földnek azon felén, melyen éjszaka van, mindenütt egyszerre és egyformán mutatkozik, s azért a földrajzi hosszúság meghatározására is igen alkalmas.



41. idom.

Az idomban *N* a Napot, *F* a Földet, *H* a Holdat, *LG* a Hold pályájának egy részét ábrázolja, *AB* és *CD* a Nap és Föld közös érintői, melyek a Napról a Földre eső sugarak határait képe-

zik. Midőn a Hold *LG* pályáján keletre menve halad s *AB* érintőhöz jutván csak kissé tovább mozog, legott *A* helyre nézve elsötétíti a Nap nyugati szélét *B* pontnál. Ha azután a Hold tovább halad, úgy hogy már egész tányéra az *AB* érintő vonalon túl esik, akkor *a* helyre nézve teljes napfogyatkozás állhat be.

Napfogyatkozás esetében a Hold mindig keleti szélével kezdi a Napot elfedni s nyugati szélével hagyja el utoljára. Minthogy a Hold látszatos átmérője különböző állásaiban nagyon változik, s teljes árnyékának kúpja sokkal rövidebb mint a Földé (a feljebbi egyenlet szerint kerék számmal 49,000 és 51,000 mfd között változik) azért csak kedvező körülmények között takarhatja el az egész Napot s ekkor sem a Földnek egész félgömbjére nézve. Árnyékkúpjának csücsa gyakran el sem éri a Föld felületét, ilyenkor tehát csak fél árnyéka okozhat részleges napfogyatkozást; de ha az árnyékkúp a Föld felületének egyik másik részét el is éri, mégis csekély terjedelménél fogva csak kis területet borít be. Már pedig teljes napfogyatkozás csak azon vidékeken támad, melyekre a Hold árnyékkúpjának csücsa esik. Ha tehát az árnyékkúp nem éri el a Földet, akkor azon vidékeken, melyek felé annak csücsa egyenesen irányozva van, gyűrűalakú napfogyatkozás mutatkozik. A Hold teljes árnyéka rendesen csak oly területet boríthat be, melynek átmérője 16 mfd; e területnek azután központi napfogyatkozása van. A központi teljes napfogyatkozások általában nagyon ritkák.

Újholdkor a Föld, Hold és Nap középpontjai egyazon síkba esnek, mely a földpályára függőlegesen áll; mihelyt azonban a Hold középpontja újholdkor 21 foknyira esik a csomóponttól, többé napfogyatkozás nem lehet, de ha azon távolság nem több mint 15 foknyi, akkor kell napfogyatkozásnak lennie. Láttuk, hogy holdfogyatkozás csak akkor lehetséges, ha a Hold középpontja újholdkor legfeljebb 13 foknyira esik egyik vagy másik csomóponttól.

Az egész Földre nézve napfogyatkozások gyakrabban fordulhatnak elő, mint holdfogyatkozások, s átlag véve 11 napfogyatkozásra csak 4 holdfogyatkozás esik. De a holdfogyatkozások mindig a Földnek egész felén láthatók, míg a napfogyatkozások csak kis területekre szorítkoznak. Azért egyes helyekre nézve a holdfogyatkozások gyakoribbak, mint a napfogyatkozások. Egyremásra minden másod évben láthatni valamely helyen egy napfogyatkozást, de teljes napfogyatkozás egy-egy helyen körülbelül csak minden 200 évben fordul elő.

Teljes napfogyatkozás az egyenlítői vidékeken legfeljebb 4 óráig 29 perczig s 44 másodperczig, gyűrűalakú napfogyatkozás pedig legfeljebb 7 perczig 58 másodperczig tart. Századunkban tel-

jes napfogyatkozások 1806, 1842, 1850, 1856, 1860 és 1861-ben voltak ; 1900-ig még négy teljes napfogyatkozás lesz, t. i.

1876 decz. 22. mint teljes látható az Azori szigeteken, déli Spanyolországban, éjszaki Afrikában, Szciziában, Törökországban ;

1887 aug. 19. mint teljes látható éjszakkeleti Németországban, déli Oroszországban, Közép-Ázsiában ;

1896 aug. 9. látható Grönlandban, Szibériában, Lappföldön.

1900 maj. 8. „ Spanyolországban, Algériában, Egyiptomban, az északamerikai Egyesült államokban.

A teljes napfogyatkozás felette érdekes és megható látvány. A mint az elsötétülés növekszik, de mielőtt még a Nap teljesen el van fedve, az ég komor ólom vagy bíbor vagy sárgás karmazsin színt ölt magára, mely mind komorabbá és sötétebbé válik. A tenger színe sötét veresre változik. E sajátságos szín és sötétedés egészen más, mint az estveledés, s különönös szomorú érzelmeket költ. A Hold árnyéka a Föld felületén látszik átsuhanni s magában a levegőben is látható ; hatásossága és mozgásának sebessége miatt oly érzelmet ébreszt, mintha valami anyagi dolog rohanna el a Földön rémitő sebességgel. Elvesztjük a távolság érzékét, arcunk színe hamvassá válik ; a tyúkok ülőhelyeikre sietnek, a virágok becsukódnak, a kakasok kukurikolnak, s az egész állatvilág az elrémülés jeleit mutatja. Nehány pillanattal a teljes napfogyatkozás beállta előtt a csillagok villannak fel ; a sötét Hold körül pedig fényes dícskoszorú látszik, mely rendesen ezüst fehér ; ezt *koronának* nevezik. Gyengéd sugarokból áll, s néha a Holdon túl oly távolságra terjed, mely egyenlő az átmérőjének hosszával.

A koronán kívül a Hold szélei felől más fénysugarak lövellenek szét, melyeket *forognak* neveznek s melyek a korona fényén át világítanak. Mikor végre a teljes fogyatkozás áll be, a Hold szélén s tehát a koronán belül vereses *lángok* vagy *kidudorodások* mutatkoznak, melyek alakja igen változó és ábrándos.

A csillagászok most teljes pontossággal tudják mind a múlt időkre, mind a jövőre nézve kiszámítani, mikor, melyik évben, napon és órában volt vagy lesz hold- és napfogyatkozás, s milyen az ; a napfogyatkozásokra nézve azt is meg tudják előre határozni, hol lesz látható, mint teljes, vagy gyűrűalakú, vagy részleges stb. Mint-hogy a Hold csomói körülbelül minden 19 év múlva a földpálya

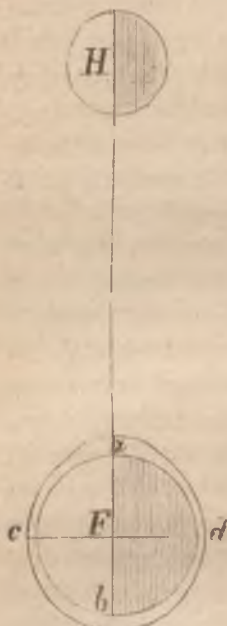
ugyanazon pontjára esnek, azért a hold- és napfogyatkozások minden 19 évi időközben nagyjából egyenlő rendben következnek egymásra.

A tenger dagálya és apálya. A nagy tengerek partjain tapasztalják, hogy a víz naponkint kétszer dagad és apad. Legmélyebb állásából hosszú hullámokkal a part felé gördülve lassankint magasabbra és magasabbra emelkedik, a zátonyokat, szirteket s a part lejtőségét ellepi, a folyók torkolatain felfelé tódul s gyakran sok mérföldnyi távolságra a folyó ellenébe felhat. A tenger e duzzadása, áradása körülbelül 6 óráig tart, mig nem legmagasb állását érte el; ez a tenger *dagálya*. Azután a hullámok ellenkező irányban befolyjni kezdenek, a víz lassankint visszahúzódik a part lejtőségéről, jobban-jobban apad, a zátonyok és szirtek ismét felmértülnek s a folyók megint lefelé a tengerbe folynak. Ez apadás is körülbelül 6 óráig tart, s a víz legmélyebb állása az *apály*.

Mikor a tenger legmélyebb állását elérte, újra dagadni kezd, s ekképadagály és apály folytonosan váltakozik. Ha valamely helyen a *magas* vagyis megáradt tenger legmagasb állása épen déli 12 órakor volt, ez a következő napon mintegy 50 percczel később észlelhető. E szerint az idő, mely letelik, míg a tenger egymásután kétszer dagad és apad, 24 órát s 50 perczet tesz. Tudjuk, hogy a Hold napi járásában minden 24 órában körülbelül 50 percczel késik, azaz naponként mintegy 50 percczel később delel, mint az előtte való napon. Már e körülményből lehetett gyanítani, hogy a tenger dagálya és apálya a Hold járásával és különböző állásaival függ össze. Így azután rájöttek, hogy a tenger legnagyobb dagályai az újholddal és holdtöltével, legkisebb dagályai pedig a Hold első és utolsó negyedével találkoznak, vagyis hogy a tenger akkor árad meg legerősebben, mikor a Hold a Napnál és vele átellenben áll, ellenben legkevesebbet akkor dagad, mikor a Hold 90 foknyira esik a Naptól. Továbbá tapasztalták, hogy általán véve egyenlő körülmények között az egyenlítő közelében a dagályok nagyobbak, mint a földsarkok felé, s hogy mindenütt aránylag akkor legnagyobbak, mikor a Hold a földközeli s a Föld a napközeli áll s egyszersmind újhold vagy holdtölte van.

A nevezetes tűnemény pontosabb vizsgálása kétségtelenül tette, hogy az a Hold és Nap vonzásának tulajdonítandó, noha a tengerek fekvése és kiterjedése, a partok alakja és sok más helybeli körülmény tetemes befolyást gyakorol a dagály nagyságára s

beállításának idejére. Minthogy a dagály általán véve minden 25 órában kétszer fordul elő s az illető helyre nézve a Hold legmagasb és legalacsonyabb állásaival, azaz felső és alsó delelésével találkozik, s minthogy a dagály és apály az ugyanazon délkör alatt levő helyeken majdnem egy időben áll be: azért méltán azt következtették, hogy a Hold vonzása a főtenyező. Mellőzzük tehát egyelőre a Nap befolyását, s lássuk, mikép okozhat a Hold dagályt és apályt.



42. a) idom.

Az F körüli kör a Földet, a H -val jelölt kör a Holdat ábrázolja. Mikor ennek a Föld irányában ily állása van, mint az idom mutatja, akkor az a helynek tetőpontjában, b helynek lábpontjában áll, tehát a helyhez legközelebb s b helyhez legtávolabb esik. Tudjuk, hogy a vonzás ereje a különböző távolsághoz képest négyzetes arányban növekedik és fogy, e szerint a helyen a Hold vonzása legerősebb, b helyen pedig leggyengébb, F , c és d helyeken gyengébb mint a helyen, de erősebb, mint b helyen. Képzeljük magunknak hogy a Föld egész felületén tengerrel van borítva. Ha azután a köröskörül egyaránt tengerrel borított Föld csendesen egy helyben vesztgelne, s vízborítékára más erő nem hatna, mint saját középponti vonzása: akkor a középpontjától egyenlő távolságban eső részei mind egyenlő erővel vonzatnának, s vízfelülete egyensúlyban maradván, tökéletes gömbbé alakulna. E szerint a

vízzel borított s gömbalakú Föld felületének minden része egyenlő vonzatnék vagyis nyomatnék, s egyenlő távolságban volna a középponttól. De midőn a Hold vonzása járul hozzá, azonnal megzavarja a vízfelület egyensúlyát. Azon felén, mely a Hold felé esik, ennek vonzása által a Föld saját vonzása gyengítettik, még pedig annál inkább, minél közelebb esnek egyes részei a Hold középpontjához. A 42. a) idomban a helyen vonzatik legerősebben a vízfelület, s a Föld saját vonzása F felé ott gyengítettik meg leginkább, tehát ott a víz a Hold felé igyekszik, azaz árad, dagad s ennek következtén a félgömb távolabb eső szélein, c és d helyeken, apad. Ebből következik, hogy a Földnek azon felén, mely a Hold felé van fordítva,

a Holdhoz legközelebb eső helyeken dagály, a félgömb szélein pedig, melyek a Holdtól távolabb esnek, apály támad.

De ugyanakkor a Holdtól elfordított félgömbön is van dagály és apály. E másik félgömbön t. i. a *Hold* vonzása nem gyengíti a Föld középpontjának vonzását, hanem ellenkezőleg erősíti. De mint-hogy a Föld azon felének pontjai sem esnek egyenlő távolságra a Holdtól, azért ennek vonzása ott is az egyes pontokra nézve különböző. T. i. a Holdtól elfordított félgömbnek szélein erősebb a vonzás, mint a közepén, azaz *c* és *d* vidékein erősebb, mint *b* vidékén. Tehát *c* és *d* vidékein a Föld középponti vonzása a Hold vonzása által jobban erősített meg, mint *b* vidékén, s azért a víz *c* és *d* vidékein a Föld középpontja felé huzódik, míg *b* vidékén attól eltávolodik: azaz *c* és *d* vidékein apály, *b* vidékén pedig dagály támad.

Mikor tehát a Hold és Föld úgy állnak, mind az idom mutatja, akkor a Hold vonzása következtében *a* és *b* vidékein dagály, *c* és *d* vidékein pedig apály van.

Tudjuk, hogy a Föld nem mozdulatlan, hanem tegelye körül forog s egyszersmind a Hold a Föld körül kering. Azért a dagály és apály egymásután áll be a földkerekség különböző vidékein. A Hold keringése és a Föld forgása nyugatról keletre történik, azért a dagály ellenkező irányban keletről nyugatra halad. Az apály általában véve azon vidékeken van, hol a Hold felkel és leszáll, a dagály pedig azon vidékeken, hol a Hold legmagasabban és legmélyebben áll. Minthogy pedig a Hold bárhol körülbelül $6\frac{1}{4}$ órával felkelése után delel, azért általában $6\frac{1}{4}$ óra múlik el az apály kezdetétől a dagály kezdetéig.

Szorosan véve azonban a dagály nem esik össze a Hold felső és alsó delelésének idejével, hanem rendszeren egy, két, sőt néhol három órával később áll be, mert a víz nem engedhet rögtön a Hold vonzásának, neki is mind a lefolyásra mind az áradásra bizonyos idő kell.

A mit a Holdról a tenger dagályára és apályára nézve mondtunk, az a *Nap*ról is áll. Ha ezt külön képzeljük magunknak, akkor hatását szintén a 42. a) idom szerint magyarázhatjuk meg. Tehát a dagály mindenütt délben és éjféltkor, az apály pedig reggel és este, Nap keltekor és lementekor, állna be. Minthogy pedig a vonzás ereje a távolság négyzetes arányában csökken, s minthogy a Nap távolsága a Földtől körülbelül 400-szor nagyobb, mint a

Holdé : azért a Nap külön vonzása által okozott dagálynak és apálynak általában véve kisebbnek kell lennie, mint az, melyet a Hold vonzása okoz. Igaz ugyan, hogy a Nap roppant tömegénél fogva a Földet egészben véve sokkal erősebben vonzza, mint a Hold, de a tenger dagályát és apályát nem a Nap és Hold összes és általános vonzása okozza, hanem az, hogy vonzásuk a Föld különböző vidékeire aránylagos távolságukhoz képest *egyenlőtlen*. A Nap több mint 20 millió mfdnyi távolságban van, e nagy távolsághoz képest a Föld átmérőjének hossza, t. i. az 1719 mfd, majdnem elenyészik. Azért a Nap a feléje fordult félgömbön levő tengert aránylag nem sokkal erősebben vonzza, mint azt, mely a tőle elfordult félgömbön van. Másképp áll a dolog a Holdra nézve. Ennek távolsága a Földtől mintegy 51,000 mfd, e távolsághoz képest a Föld átmérője már jelentősebb, s így a Hold vonzása a Föld felületének különböző vidékeire nézve sokkal különbözőbb.

A Nap a Földnek hozzája legközelebb eső pontjait mindenestre erősebben vonzza, mint a Föld távolabb eső középpontját s ellenkező széleit, de a különbség oly csekély, hogy az 20 milliomod részét is alig teszi azon erőnek, melylyel a Föld az ő felületének egyes részeit a középpontja felé vonzza. Az erőmennyiség, melylyel a Nap a dagály és apály támasztására hat, úgy áll az általános vonzásához, mint a Föld átmérője a Föld és Nap közötti távolsághoz, azaz körülbelül mint 1 : 12,000. A Hold távolsága a Földtől körülbelül 30 földi átmérőt tesz, tehát a Hold egész vonzásának $\frac{1}{30}$ része azon erő, melylyel a tenger daglyára és apályára hat. Egészben véve a Nap mintegy 160-szor vagy 162-szer nagyobb vonzást gyakorol a Földre mint a Hold, de ezen egész vonzásának csak $\frac{1}{12000}$ része jut a dagály és apály támasztására, míg a Hold összes vonzásának $\frac{1}{30}$ részével hat a dagályra és apályra. Már pedig $\frac{160}{12000} = \frac{1}{75} = \frac{2}{150} = \frac{2}{5} \times \frac{1}{30}$. Tehát a Nap hatása a dagályra

és apályra csak $\frac{2}{5}$ -dét (mások szerint $\frac{1}{3}$ -dát) teszi azon hatásnak, melyet a Hold gyakorol. S így a Nap által külön okozott dagály $2\frac{1}{2}$ szer kisebb mint a Hold által külön okozott dagály. S ha pl. valahol a Nap okozta dagály 2 lábat tesz, a Hold okozta dagály 5 lábat fog tenni.

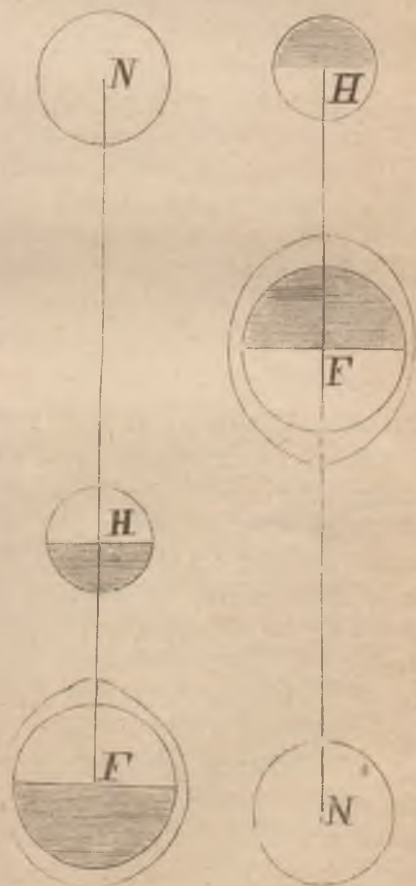
Eszerint tulajdonképp kétféle dagály mozog a Föld körül, egyik a Hold dagályhulláma, mely útját a Föld kereksege körül 24 óra 50 percz alatt futja meg, s a másik a Nap dagályhulláma, mely körútját épen 24 óra alatt végezi be. De a kétféle hullám a valóság-

ban összevegytül, és csak a számítás mutathatja ki külön a két dagályhullámot és mindegyiknek magaságát.

Azon körülménynél fogva, hogy a Föld évenként egyszer a Nap körül, s hogy a Hold körülbelül hónaponta egyszer a Föld körül kering, az egyes hónapok, és egész év folytában a Föld, Hold és Nap kölcsönös állásai nagyon különbözök, s azért a Hold és Nap majd egyesülve hatnak s így egyik a másiknak hatását növeli, majd ellenkezőleg hatnak s egyik a másiknak hatását gyengíti. Minden hónapban újholdkor és holdtúltekor a Hold és Nap egyesülve hatnak, s azért kell, hogy akkor a dagály és apály általán véve nagyobb legyen mint első és utolsó negyedkor, midőn a Nap ellenkezőleg hat's a Hold vonzását gyengíti. A két égi testnek egyesült hatása pedig legnagyobb akkor, mikor oly állásuk van, hogy nap vagy hold-fogyatkozás támadhat, mert akkor a két égi test vonzása egészen összeesik.

Egy pillantás a 42. b) c) d) idomokra, eléggé világosítja fel a különböző viszonyokat. A 42. b) idom szerint újhold, a 42. c) idom szerint pedig holdtölte van. Mindkét esetben a dagály nagyobb mint a hold negyedeiben, mikor a három világtestnek oly állása van, mint a 42. d) idom mutatja.

Említettük, hogy a dagályhullám keletről nyugatra tart, mert a Hold látszatos napi járását követi. De minthogy a váltakozó nap- és éjszakák miatt a Föld felülete egyenlőtlenül van melegítve, s mint-hogy a Föld nyugatról keletre forog: azért a tenger vize általában nyugatról keletre



42. b) idom.

42. c) idom.

áramlik. Ez áramlása tehát ellenkezik a dagályhullám útjával, s már azért is később áll be, mint a Hold delelése.



Már mondtuk, hogy a dagály és apály aránylag nagyobb, mikor a Föld a Holdhoz és Naphoz legközelebb esik. A Föld a Holdhoz újholdkor, a Naphoz pedig azon évszakban, melyben az északi félgömbön tél van, esik legközelebb. Azért általán véve az északi félgömbön télen, s a délin nyárnak idején van legnagyobb dagály és apály. Továbbá a tavaszi és őszi nap-éjegyenlőségek idején a Hold és Nap aránylag legeggyenesebb vonalba esnek a Föld irányában, s azért a nap-éjegyenlőségek idején is nagyobb dagály és apály van, mint máskor. Az egyes helyeken tapasztalt legmagasb dagályt *szökődagálynak* (Springfluth), a kisebb dagályokat pedig *holt* vagy *alacsony dagályoknak* (Nippfluth) nevezik.

42. d) idom.

E szerint a tengerek dagályában és apályában különböző időközöket lehet megkü-

lömböztetni, melyek a Hold és Föld járásaitól függenek. A fél napi időköz 12 órát 25 percet tesz s a Hold felső delelésétől alsó deleléséig tart, ez alatt egyszer dagály, egyszer apály van; a napi időköz 24 óráig 50 percig tart, a Hold látszatos forgása szerint, az alatt 2 dagály s 2 apály van. A félhónapi időköz alatt az újhold és holdtölte szerint két nagyobb dagály, a hónapi időköz alatt a Hold négy fényváltozása szerint kétszer nagyobb s kétszer kisebb dagály van. A félévi időköz az egyik napéjegyenlőségtől a másikig tart, végre az évi időköz alatt egyszer legközelebb s egyszer legtávolabb esik a Föld a Naptól, s e szerint is változik a dagály.

Eméletesleg az egyes helyekre nézve sem a dagály magasságát, sem beállásának idejét nem lehet kiszámítani és meghatározni, mivel arra a helybeli viszonyok nagy befolyást gyakorolnak. A dagály és apály beállásának átlagos idejét az egyes tengerpartokon és kikötőkben tapasztalatilag állapították meg, s e szerint térképe-

ket is készítettek, melyeken azon helyek, hol a dagály és apály egy időben áll be, vonalokkal vannak összekötve. E vonalokat *Iso-rachiáknak* (egyidejű árvonaloknak) nevezik; azoknak az elmélet szerint, s ha, mint feljebb képzeletileg feltettük, a Föld egész felülete tengerrel volna borítva, a délkörökkel kellene összeesniük, de az nincs úgy, hanem a többé kevesebb szabálytalan görbe vonalú Isorachiák többnyire elütnek a délköröktől, csak a Csendes tengeren Ázsia keleti s Dél-Amerika nyugati partjainál futnak körülbelől úgy mint a délkörök.

A Nagy vagyis Csendes világtengerben a dagály általán véve csekély, kivált a földségektől távoleső szigetekenél. Pl. Otaheiti szigetnél csak 11 hüvelyket, Sandwich szigetekenél $2\frac{1}{2}$ lábat tesz. Ázsia keleti partjain 6 és 18 láb között változik, a kosinuinai és sziami partokon 9, a Martaban öölben holdtöltekor és újholdkor 23, a Cambayi öölben ilyenkor 30 lábat tesz. Az Atlanti világtengerben is nagyon különböző magasságú a dagály, Sz. Ilona szigetnél $3\frac{1}{4}$, a Kanári és Azóri szigetekenél 5—8, a Misszisszippi torkolatánál alig $1\frac{1}{2}$, Kumanánál 1, de Éjszak-Amerikában a Chesapeak öölben 30, sőt a Fundy öölben 70 lábat is tesz. Franciaország nyugati partjainál általában 18, Guernsey és Jersey szigetekenél 36 lábnyira, a Saverne öölében Angliában 45, az Éjszaki foknál $7\frac{1}{2}$, a Fehér tengerben 13 lábnyira dagad a tenger.

A beltengerekben általában csekély a dagály, a Fekete és Keleti tengerekben alig vehető észre, az Adriai tengerben Velenczénél $2\frac{1}{2}$, a Földközi tengerben Egyiptom partjain 1 lábat tesz.

Az állócsillagok és Nap mozgása. A bolygók s kivált a mellék-bolygók pályái és mozgásai, mint láttuk, kölesönös egymásra hatásuk miatt elég bonyolódott viszonyokat mutatnak, melyek kiszámítása és világos felfogása nem könnyű dolog. De azon pályák és mozgások még bonyolódottabb alakban tűnnek fel, ha hozzágondoljuk, hogy maga a Nap, vagyis inkább maga a naprendszernek közös súlypontja sem marad egy helyben, hanem szintén örökké mozog. A Nap az úgynevezett állócsillagok közé tartozik, ezek azonban csak látszólag állnak egy helyen, valósággal pedig szintén mozognak. Általában nincs és nem lehet világtest, mely mozdulatlan nyugalomban volna, az általános nehezkesedés, a kölesönös vonzás és törvényei az egész világmindenségben, az állócsillagok véghetetlen vidékeiben is uralkodnak.

Nyugalomban csak oly test lehet, melyre vagy semmi erő sem

hat, vagy csak egymást ellensúlyban tartó, egymást megsemmisítő erők hatnak. Miután a vonzás általános és egyetemes s tehát minden test minden más testet vonz és minden más testtől vonzatik, azért nem lehet világtest, melyre a világegyetem számtalan teste nem hatnának. De ugyanazért az sem képzelhető, hogy a számtalan testek által valamely világtestre gyakorolt erők egymást akár rövidebb akár hosszabb időre tökéletesen ellensúlyoznák.

Teljes bizonyosnak vehetjük, hogy nincs égi test, mely folytonos nyugalomban volna. Igaz, az úgynevezett állócsillagok kölesönös helyzetüket évszázadok, sőt ezredek alatt sem változtatják meg észrevehetőleg, a régiek által ismert és leírt csillagzatok még most is olyformán vannak elhelyezve, mint régen voltak. De ebből nem következik, hogy az állócsillagok nem mozognak, még az sem, hogy igen lassan mozognak, hanem csak azt kell abból következtetnünk, hogy az állócsillagok távolsága Földtinktől roppant nagy, s azért nem vesszük észre, hogy helyüket megváltoztatják, hogy mozognak. A legtávolabb bolygó, Neptunusz mozgása egy órában körülbelül csak egy ívbéli másodpercet tesz, s azért mozgását csak igen jó távcsövek segítségével lehetett észrevenni. A hozzánk legközelebb eső állócsillag legalább 7000-szer távolabb van, mint a Neptunusz, tehát látszatos mozgása 7000-szer kisebbnek mutatkozik nekünk s így helyét körülbelül egy év alatt csak egy másodperccel változtatja meg, ha t. i. oly sebességgel mozog mint a Neptunusz.

Mintegy 100 év óta foglalkoznak a csillagászok az állócsillagok mozgásainak megfigyelésével s most már néhány száz állócsillagról egész határozottsággal mondhatják, hogy mozognak. Különösen pedig azt is bebizonyították, hogy a Nap saját tengelye körül forog, s egyszersmind a világtérben is mozog s magával az egész naprendszert viszi új meg új vidékek felé.

Az állócsillagok, melyeknek mozgásait a világtérben már kimutatni sikerült, különböző irányok felé mozognak, mindazáltal, úgy látszik, minthogy mozgásaiban egy bizonyos irány túlyomó volna, vagyis mintha az állócsillagok az égnek egy bizonyos pontja felé tartanának túlyomólag. Nem hihető, hogy a különböző állócsillagok mind egy közös pont felé valósággal tartanának, hanem sokkal hihetőbb, hogy az csak azért látszik nekünk úgy, mivel a mi Napunk s vele az egész naprendszer, tehát a mi Földünk is azon állócsillagok felé mozog. Herschel vizsgálódásai szerint az a pont, mely felé a Nap tart, a Herkules csillagzat közelébe esik, melynek

egyenes emelkedése $260^{\circ} 44'$ és éjszaki elhajlása $26^{\circ} 16'$. Körülbelül ugyanazon eredményre más csillagászok is jutottak különböző vizsgálódásaik alapján.

Nem tehetjük föl, hogy a Nap egyenes vonalban mozogna, hanem bizonyosan az is egy közös súlypont körül kering. Keringési pályájának középpontja bizonyosan 90 foknyira esik azon ponttól, mely felé a Nap mozog, s e közös súlypont *Maedler* vizsgálódásai szerint a *Fiastyúk* vagyis *Hetevény* csillagzat legfényeseb, *Alcyone* nevű csillagzat legfényeseb, *Alcyone* nevű csillaga közelében van.

IV. Szakasz.

Számítások és mérések a Földön s az Égen.

I. Idő- és térmérés.

Az óra és nap. Csillagidő, Napidő. Idő kelte. Az időnek meghatározásáról már szoltunk (lásd 80. lapot), itt azt, a mit ott elmondunk, még ki kell egészítenünk. Minden időmérés azon tételen alapszik, hogy egyenletes mozgás egyenlő időközökben egyenlő távolságokat, térközöket fut meg. Ha az időt megmérni akarjuk, mindennek előtt egyenletes mozgást kell vagy a természetben keresnünk vagy mesterségesen előállítanunk. A természetben tökéletesen egyenletes mozgást nem találunk, csak a Földnek tengelye körüli forgása történik oly egyenletesen, hogy sebessége századok alatt sem változik észrevehetőleg. Azért az időnek megmérésére és felosztására a Föld forgását vesszük természetes alapul. Ámde avval nem érhetjük be, hanem még mesterségesen előállított egyenletes mozgásra is van szükségünk, mely a természetes mozgást mintegy utánozza s mely folyvást alkalmas időmértékül szolgálhat.

A régiek az *árnyék hosszát* és *irányát* használták az idő meghatározására. Az alexandriai görög tudósok táblázatokat készítettek, melyek szerint egy vessző árnyékának hosszából a napnak idejét minden évszakban lehetett megtudni. A *napórák* az árnyék iránya szerint mutatták az időt. Voltak továbbá *homokórák* és *vizórák* (Klepszidra). A kerékszerkezettel bíró órákat állítólag *Pacificus* veronai szerkesztéses találá fel 1030-ban K. u.

Sokáig azon törték az emberek a fejöket, hogy oly órakészüléket szerkesztszenek, mely az egész égnek mintegy másolata legyen, mely a csillagos égnek, a Napnak, Holdnak és bolyóknak mozgá-

sait kövesse és tüntesse fel. Ily órakészülék a *strassburgi* főtemplomban még most is látható. Azonban az égi testek folytonosan változó mozgásait tökéletesen utánzó készülék nem sikerülhetett.

Huggens 1657-ben az *ingát* alkalmazá időmértékül, az órák járásának szabályozására. S ez csakugyan alkalmas eszköznek bizonyult be, mert az egyenlő nagyságú ingalengések időközei tökéletesen egyenlők. Tehát az ingával csak oly szerkezetet kell összekapcsolni, mely lengéseinek számát mutassa, s megvan az időt mérő eszköz, az *óra*. A 17-dik század óta az ingát alkalmazták, még pedig a szabatosan járó óráknál oly ingát alkalmaznak, mely egy másodperc alatt épen egy lengést tesz; az a *másodpercz-inga*. Az inga-órákat idő jártában mind jobban tökéletesítik s kitaláltak oly készüléket is, melynek segítségével még a másodperczek tized, sőt század részeit is meg tudják különböztetni és mérni; ámde minden igényt teljesen kielégítő inga-órát még sem sikerült szerkeszteni. Azután az inga-órák nemis alkalmazhatók mindenütt. Azért más szerkezetű órákat is kigondoltak, melyeket magával zsebében is viselhet az ember, s melyeknek járását a rázkódások nem zavarják meg. Ilyenek a *zsebórák*, a *hajóórák*. stb. *Hock* 1660-ban közönséges, *Huggens* pedig 1673-ban tekeresrügőt alkalmazott s azóta a zsebórák járása mind szabályosabb lett. Legnagyobb gonddal az úgynevezett *chronometereket* (időmérőket) készítik. Ezek, mint látni fogjuk, legalkalmasabb eszköztül szolgálnak a földrajzi hosszúság meghatározására, s azért sokan fáradoztak tökéletesítésükön. Az angol kormány 1714-ben 20,000 font sterlinget (több mint 200,000 forintot) tűzte ki jutalmul annak, ki oly órát szerkeszt, mely hat hét alatt legfeljebb 2 időperczcel késik vagy siet. Utóbb a párisi Akademia is hirdetett e végett egy pályadíjt. Az angol kormány által kitűzött díjnak felét *Harrison János* és fia *Filmos* nyerek el 1767-ben az általuk tökéletesített órákért. Ezek még nem voltak oly tökéletesek, mint kívánatos lett volna, azért a kitűzött díjnak csak felére érdemesítették. A párisi Akademia 1773-ban *Le-Roy*-nak ítélé oda a jutalmat, ki *Berthoud*-val együtt oly órákat szerkesztett vala, melyek tökéletesebbek voltak mint *Harrisonéi*. Most mind Franciaországban, mind Angliában és Németországban még tökéletesebb *chronometereket* készítenek. Természetes azonban, hogy a legjelesebb *chronometerek* sem járnak egészen hibátlanul.

Most mindenféle órákat készítenek. Vannak oly órák, melyek távcsövekkel úgy kapcsolódnak össze, hogy azokat oly mozgással

indítsák meg, milyent a Nap, Hold vagy más csillag végez, melyet hosszabb ideig egymásután akarnak járásában megfigyelni. A táveső az illető égi test felé van irányozva s az óra által megindítatván, annak járását követi, úgy hogy az mindig látható legyen. Az ily órák majd sebesebben majd lassabban járhatnak, úgy mint az illető égi test mozgása kívánja, s a szerint igazíthatók.

Vannak továbbá oly órák, melyek a Föld forgásához alkalmazkodnak. Az időközt, mely alatt a Föld egyzer fordul meg, *csillagi napnak* nevezzük s 24 órára osztjuk. A *csillagi* vagyis *csillagászati óra* tehát úgy van szerkeztve, hogy azalatt, míg a Föld egy forgást végez, vagyis míg valamely állócsillag kétszer egymásután delel, 24 órát fut meg. Ily óra járását könnyen lehet ellenőrizni. Csak egy távesövet kell szilárdan úgy felállítani, hogy az valamely ismeretes csillagra legyen irányozva. Ha a csillag a táveső tárgyleneséjének középpontjában pl. déli 12 órakor látható, az órának, ha jól jár, a következő napokon is mindig épen 12 órát kell mutatnia, midőn a csillag ismét a táveső tárgyleneséjének középpontjában mutatkozik. A mely csillagok avval, melyre a táveső irányozva van, egyazon egyenközi körben fekszenek, természetesen szintén láthatók lesznek a távesőben, esakhogy nem egy időben, hanem egyik előbb, a másik utóbb. Ha már az óra segítségével megjelöljük az időt, mely az egyik csillag elvonulásától a másiknak megjelenéséig elmúlik, ebből megtudhatjuk, micsoda távolságra esik az egyenközi körön egyik csillag a másiktól. Mert az egész egyenközi kör 24 óra alatt vonul el a táveső előtt, s így 15 foknyi ívére egy óra esik. Ha tehát a két csillag megjelenése között pl. 3 óra múlik el, egymástól való ívbéli távolságuk $3 \times 15 = 45$ fok.

Tudjuk, hogy az égi délkörök közül elsőnek azt tekintik, mely az egyenlítőt a *tavaszpontban* szegi. Ha a táveső épen déli irányban van felállítva, természetesen azon első délkör egyik másik pontja is fog a táveső tárgyleneséjének keresztbe vont fínom szálakkal megjelölt középpontjában megjelenni. Az időt, melyben az történik a csillagászok 0, vagy pedig 24 órával jelölik meg. A megfigyelt csillagok már vagy előbb vagy később jelennek meg a táveső előtt, mint a tavaszponti délkör, s a szerint számítják ki ívbéli távolságukat azon délkörtől. Minthogy a csillagászok mindig 0-tól kezdve 24 óráig számítanak s a számítást a tavaszponti délkör megjelenésétől kezdik, azért a csillagok megjelenésének ideje onnan kezdve számíttatik. Minden csillag megjelenésének ideje tehát a

tavaszponti délkör megjelenése óta *elmúlt* időt fejezi ki. Ha ezt az időt fokokra számítják át, megkapják a csillagok ívbeli távolságát a tavaszponti délkörtől, azaz megkapják a csillagok *egyenest emelkedését*. Pl. az Oroszlán csillagzatban levő *Regulus* csillag a csillagi idő szerinti 10 órakor jelenik meg, tehát egyenes emelkedése 150 fok.

A csillagászati óra tehát a *csillagidő*, a *csillagi nap* szerint van szerkesztve. De a közönséges életben nem a csillagok, hanem a Nap látszatos járásához alkalmazkodunk. Már pedig tudjuk, hogy a Nap látszatos járása nem vág össze a csillagok látszatos járásával, mely egyedül a Föld *forgásától* függ. Tavasz kezdetén a Nap éppen akkor delel, mikor a csillagidő szerint 0 vagyis 24, a közönséges számítás szerint pedig déli 12 óra van. De ugyanezen a Nap delelésekor nyár kezdetén a csillagidő szerint már 6, ős kezdetén már 12 s tél kezdetén 18 óra van. Tehát valamely csillag és a Nap delelése között nagy időbeli különbség van, s azalatt, hogy az álló csillagok 366-szor delelnek, a Nap csak 365-ször delel. T. i. a Föld 366-szor forog tengelye körül, míg körútját a Nap körül befejezi.

E szerint a *csillagidő* valamivel rövidebb mint a *napidő*. De ehhez még azon körülmény is járul, hogy az *igazi* napidő két okból változik. Első ok az, hogy a Föld kertülékes pályán kering s tehát keringési sebessége nem egyenlő s ennél fogva a Napnak látszatos járása az egyen sem egyenlő, hanem majd sebesebb, majd lassúbb. Második ok az, hogy a Nap látszatos pályája az egyenlítő felé van hajolva, s ennél fogva látszatos útja az egyik délkörtől a másikig majd hosszabb, majd rövidebb; minél ferdebb a pályája a délkörök felé, annál hosszabb. Az első okból a Nap látszatos mozgása téli időnkben körülbelül $\frac{1}{14}$ -del sebesebb mint nyári időnkben. A második okból az következik, hogy a Nap nyáron és télen, mikor legmagasabban és illetőleg legmélyebben áll s a délkörökre majdnem függőlegesen eső irányban jár, egyik délkörből a másikba *rövidebb* idő alatt jut el, mint őszzsel és tavasszal, midőn a délköröket ferde irányban szegi. Minthogy t. i. a nappálya az egyenlítőt a tavasz- és őszpontban $23\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegi, azért tavasszal éjszakkeleti, őszzsel délkeleti iránya van, a napfordulat idején pedig körülbelül egyenközt az egyenlítővel, azaz egyenest kelet felé van irányozva. Ennél fogva a Nap minden 24 órában nem tehet meg egyenlő utat kelet felé, s még akkor sem tehetne, ha mindig egyenlő sebességgel mozogna. Már pedig tudjuk, hogy a Nap látszatos mozgása nem egyenletes, mivel a Föld kertülékes pályát

fut s azért keringése majd sebesebb, majd lassúbb. Az iv, melyet a Nap 24 óra alatt megfutni látszik, 30 napról 30 napra ekkép változik:

A Nap által 24 órában megfutott iv.				A Nap által 24 órában megfutott iv.			
Decz.	31.	. . . . .	1° 1' 10.1''	Jun.	29.	. . . . .	0° 57' 11.8''
Jan.	30.	. . . . .	1 0 53.8	Jul.	29.	. . . . .	0 57 23.3
Marcz.	1.	. . . . .	1 0 9.1	Aug.	28.	. . . . .	0 58 0.7
Marcz.	31.	. . . . .	0 59 9.6	Szept.	27.	. . . . .	0 58 56.9
Ápril	30.	. . . . .	0 58 11.5	Okt.	27.	. . . . .	0 59 57.3
Máj.	30.	. . . . .	0 57 29.6	Nov.	26.	. . . . .	1 0 46.6

A Nap elhajlása is folytonosan változik. Mindezeknél fogva nemcsak általában a napszakák mindentütt valamivel hosszabbak, mint a megfelelő éjszakák, hanem az egyazon szélesség alatt fekvő helyeken sem tökéletesen egyenlők a napszakák, ha földrajzi hosszúságuk 180 fokkal különbözik, különösen pedig a *napidői napságok* (napszakák és éjszakák együtt véve) hossza változó.

A Nap látszatos járásában a csillagok látszatos járásával ellenkező irányt követ, tehát minél sebesebben mozog, annál később jut a következő napon a délkörbe. Onnan van, hogy az igazi napidő télben valamivel hosszabb, nyáron pedig rövidebb. Azon oknál fogva pedig, hogy pályája az egyenlítő felé van hajolva, az igazi napidő télben és nyáron hosszabb, tavasszal és ősszel pedig rövidebb.

Ha azért az igazi napidőt jól és egyenletesen járó órával összehasonlítjuk, azt fogjuk találni, hogy az mind a két ok összeműködésénél fogva télben késik, nyáron az egyik okból késik, a másiktól siet, együttvéve pedig szintén késik, tavasszal és ősszel pedig egyaránt siet. Oly órát, mely az ekkép változó igazi napidő szerint járna, teljes lehetetlen szerkesztteni, s azért képzeleti időt, azaz napságot gondoltak ki, mely mindig egyenlő, s melyhez mindenkor alkalmazkodhatunk.

Ugy képzelték, mintha a Nap pályája tökéletes kör s tehát mozgása mindig egyenletes volna, s mintha a pálya az egyenlítővel összeesnék. E képzelt Nap és pálya szerint állapították meg az úgynevezett *középidőt*. Az ily középidői nap csillagidői 3 percczel és 56 másodpercczel hosszabb mint a csillagidői nap, azaz egy középidői nap = 24 óra 3 perc és 56 másodperc csillagidő, s egy csillagidő nap = 23 óra 56 perc és 4 másodperc középidő. 365 középidői nap = 366 csillagidői nap. A *közép* napidői nap majd hosz-

szabb majd rövidebb mint az igazi napedő nap. Ezt a különbséget *időegyenletnek* nevezik, mert azt a Nap valóságos delelésének idejéből majd ki kell vonni, majd hozzá kell adni, hogy a közepedő delet megkapjuk.

A helyesen készített *napóra* az igazi napedőt mutatja, a napóra tehát nem egyez meg tökéletesen a közönséges órával.

A közönséges órák a *középidő* szerint járnak, s azért a Nap valóságos delelésekor majd többet majd kevesebbet mutatnak, mint 12 órát. Azért a közönséges órák szerint beosztott *félnapok* sem egyenlők, majd a delelőtti félnap hosszabb, mint a délutáni, majd ez hosszabb, mint a delelőtti. Vagyis a Nap valóságos felkelésétől kezdve a középidő szerinti 12 óráig nem múlik el mindig annyi idő, a mennyi 12 órától kezdve a Nap lenyugvásáig. Novemberben pl. a középidő szerinti delelőtt félórával *hosszabb*, mint a délután februárban ellenkezőleg a delelőtt majdnem ugyanannyival *rövidebb*, mint a délután. Azért ősszel a napok fogyását s tavasszal a napok növekedését leginkább délután vesszük észre.

A csillagászati naptárakban, pl. a Magyar tud. Akadémia által kiadott Almanachban, hónapról hónapra s napról napra ki van téve az illető időegyenlet, melyet a + és — jel szerint vagy hozzá kell adni az igazi napedőhöz, vagy ki kell vonni belőle, hogy a középidőt megkapjuk. Évenként négy napon az időegyenlet = 0, vagyis az igazi napedő összeesik a középidővel, t. i. ápril 15., június 15., szeptember 1. és december 25-dikén.

A következő egybeállítás az egyes hónapokra nézve öt nappól öt napra mutatja az időegyenletet.

Januar	1	+	5.8 perc.	Marczius	17	+	8.6 perc.
	6	+	6.1 „		22	+	7.1 „
	11	+	8.2 „		27	+	5.6 „
	16	+	10.0 „	April	1	+	4.0 „
	21	+	11.6 „		6	+	2.5 „
	31	+	13.7 „		11	+	1.1 „
Február	5	+	14.3 „		16	—	0.2 „
	10	+	14.6 „		21	—	1.3 „
	15	+	14.5 „		26	—	2.3 „
	20	+	14.0 „	Május	1	—	3.1 „
	25	+	13.4 „		6	—	3.6 „
Marczius	2	+	12.4 „		11	—	3.9 „
	7	+	11.3 „		16	—	3.9 „
	12	+	10.0 „		21	—	3.8 „

Május	26	—	3.4 perc.	Szeptember	18	—	5.8 perc.
	31	—	2.8 "		23	—	7.6 "
Junius	5	—	2.0 "		28	—	9.3 "
	10	—	1.1 "	Október	3	—	10.0 "
	15		0.0 "		8	—	12.6 "
	20	+	1.0 "		13	—	13.3 "
	25	+	2.1 "		18	—	14.7 "
	30	+	3.1 "		23	—	15.5 "
Julius	5	+	4.1 "		28	—	16.1 "
	10	+	4.9 "	November	2	—	16.2 "
	15	+	5.5 "		7	—	16.2 "
	20	+	5.9 "		12	—	15.7 "
	25	+	6.1 "		17	—	14.9 "
	30	+	6.1 "		22	—	13.7 "
Augusztus	4	+	5.8 "		27	—	12.2 "
	9	+	5.2 "	Deczember	2	—	10.4 "
	14	+	4.5 "		7	—	8.9 "
	19	+	3.4 "		12	—	6.1 "
	24	+	2.2 "		17	—	3.7 "
	29	+	0.8 "		22	—	1.2 "
Szeptember	3	—	0.7 "		27	+	1.2 "
	8	—	2.3 "		31	+	3.7 "
	13	—	4.0 "				

E kimutatásban foglalt időegyenlet oly évekre nézve, melyek két szökő év közé esnek, pontosnak tekinthető, más évekre nézve körülbelül $\frac{1}{10}$ percnyivel hibás. T. i. az időegyenlet évről évre némi csekély változást szenved, mely leginkább onnan ered, hogy a közönséges polgári év valamivel rövidebb, mint a fordulati év, s azért minden negyedik évre mint szökőévre egy nappal többet számítunk.

A csillagok 15 foknyi ívet 1 csillagidő, a Nap pedig ugyan- csak 15 foknyi ívet 1 igazi napidő óra alatt futnak meg. A csil- lagidő nap a középidoő naphoz úgy viszonylik, mint $360 : 365 \frac{109}{450}$, tehát a csillagidő nap szorosán véve $2' 56.55''$ -cel rövidebb mint a középidoő nap, vagyis ez 24 órát 3 percet s $56 \frac{53}{100}$ másodper- cet tesz csillagidőben. Miután 24 óra középidoő = 24 óra 3 perc 56.55 másodperc csillagidő, tehát 24 óra csillagidő = 23 óra 56 perc 4.09 másodperc középidoő.

A középidoő dél naponkint $3' 56.555''$ -cel később áll be, mint a csillagóra szerinti dél, s a csillagok naponkint $3'$ és $55.9''$ -cel előbb delelnek, mint a középidoő szerint járó órán dél van.

A csillagászati naptárakban nemcsak minden évre és napra nézve az időegyenlet van kitéve, hanem a csillagidő azon órája is, mely minden nap a középidei délre esik. De itt nem kell feledni, hogy a csillagidő óra rövidebb, mint a közönséges középidei óra, még pedig majdnem 10 másodpercczel, tehát ennyit ki kell vonni a csillagidő órából, hogy a középidei órát megkapjuk. Pl. *Szirius* csillag egyenes emelkedése 6 óra 39 percz, azaz, mikor azon csillag delel, akkor a csillagidő óra 6 órát 39 perczet mutat. Kérdezzük, mikor deelt pl. 1871 január 1-jén *Szirius* csillag? A csillagászati naptár szerint 18 óra 43 percz csillagidő volt a középidei délben (12 órakor), 18 órától 43 percztől 6 óráig 39 perczig 11 óra 56 percz múlik el ($18 \text{ óra } 43 \text{ percz} + 5 \text{ óra } 17 \text{ percz} = 24 \text{ óra}$, $5 \text{ óra } 17 \text{ percz} + 6 \text{ óra } 39 \text{ percz}$ pedig $= 11 \text{ óra } 56 \text{ percz}$). Ebből a 11 óra 56 percz csillagidőből mintegy 2 percz kivonandó, tehát *Szirius* csillag a közönséges középidei szerint délután 11 órakor 54 perczkor delel.

A csillagászok, mint már említettük, a nap kezdetétől, illetőleg végétől a delet tekintik, a közönséges életben pedig az éjfélt tekintjük a nap kezdetétől, illetőleg végétől. Több régi nép, így a görögök is a nap kezdetét a Nap lenyugvásától, estvétől fogva számították: így van ez még most is az izraelitáknál és mohammedánoknál az ünnepekre nézve. A babiloniaiaknál a nap reggel, a Nap felkelésekor kezdődött. Többnyire csak a napszakát osztották rendesen 4 szakaszra, 12 órára, az éjszakát az órállások szerint osztották fel.

Az idő meghatározása a Föld forgásán alapszik, melynél fogva az éggömb látszólag keletről nyugatra forog s ennél fogva a csillagok keleten felkelnek s nyugaton leszállnak. Tehát a kelet felé eső helyeken hamarabb kelnek fel, mint a nyugatra eső helyeken, s minthogy az egész forgási idő 24 órát tesz, azért 1 órára 15 fok, 1 fokra 4 időpercz, 1 időperczre 15 ivpercz esik. Ez egyaránt áll mind a csillagidőre, mind a középidei, mind az igazi napidőre nézve. Ha tehát két hely pl. 1 foknyi távolságra esik egymástól, az egyik, t. i. kelet felé eső helyen a csillagok 4 csillagidő percczel, a Nap 4 igazi napidő percczel előbb delelnek s a helybeli órák is 4 középidei percczel előbb mutatnak delet, mint a másik, nyugat felé eső helyen.

A különböző helyeken való idő különbségét most kiki tapasztalhatja, midőn egyik ország vaspályáiról a másik ország vaspályáira, pl. az osztrák vaspályákról a porosz, ezekről a francia

pályákra jut. Egyazon ország, pl. hazánk különböző pályavonalain is érezhető az idő különbsége. Hogy a vonatok menetrendje a különböző pályákon összevágjon, az illető ország fővárosának vagy főobservatoriumának idejéhez alkalmaztatják a vaspályái állomások óráit. Így hazánkban most a *budai* idő szerint van a vonatok menetrendje meghatározva. A francia pályákra nézve a *párisi*, a Franciaországgal határos porosz pályákra nézve pedig a *kölni* idő van megállapítva. A párisi és kölni idő 21 percczel különbözik. A Párisban feladott távírói sürgönynek látszólag legalább 21 percznyi időre van szüksége, hogy Kölnbe érkezék, mert Párisban a feladás idejét *párisi*, Kölnben pedig az érkezés idejét *kölni* idő szerint számítják. Megfordítva Kölnben vagy Pesten feladott sürgöny a feladás ideje *előtt* érkezhetik meg Párisban.

Minden helyen a közonséges órák a helybeli időt mutatják, mindentütt akkor van 12 óra, mikor a Nap a középido szerint delel. Képzeltük már, hogy valaki Pestről kiindulva jól járó órával körutat tesz a Föld körül. Tegyük, hogy a pesti idő szerint igazított óra úgy van szerkesztve, hogy a hónapok napjait is mutatja. A körutat *kelet* felé menve végezi. Ez irányban menve csakhamar észreveszi, hogy órája az útjában elért különböző városok óráihoz képest mind inkább *késik*. Az elért városokban mind hamarabb van dél s midőn útjának felét végezte, ott épen akkor van dél, mikor órája szerint még csak éjfél volna. Ha a hónapok napjait jelentő mutató délben ugrik a következő napra, a fél úton elért helyen pl. július 4-dike s déli 12 óra akkor van, mikor az utazó órája szerint még csak július 3-dika és éjfél van. S végre midőn a képzelt utas egész körútját bevégezi, úgy látszhatik, mintha a kiindulási helyen az érkezés napjának dele, az előbbi napnak déle vel esnék össze. De ez lehetetlen, mert az óra a kiindulási hely szerint jár, tehát azon napot kell mutatnia, melyet a helyben maradt órák mutatnak. — Ha a képzelt utazó *nyugati* irányban teszi meg a körutat, hasonló ellenmondást fog tapasztalni. A magával vitt órának mind jobban sietnie kellene s végre midőn körútját bevégezte, 24 órával kellene sietnie. Mégis megint úgy fog mutatni, mint a kiindulás helyén való órák. Hogyan értsük meg azt? Világos, hogy ha keleti irányban utazunk, s a napot egyik déltől a másikig számítjuk, ránk nézve minden egyes nap mind rövidebb, mert hiszen a Napnak eléje utazunk, s tehát nekünk naponként korábban delel. Végre midőn az egész körutat megtettük, a dél

ránk nézve egész nappal áll be hamarabb, azaz egy egész nappal többet értünk meg, mint azok, kik kiindulási helyünkön maradtak; de minden egyes nap rövidebb ideig tartott, s e szerint nem nyerünk az időben 24 órát, hanem csak egygyel többször láttuk a Napot felkelni és delelni. Megfordítva a nyugati irányban utazóra nézve minden egyes nap tovább tart, s így annyiban vesz egy napot, mennyivel egygyel kevesebbszer látja a Napot felkelni és delelni.

Az időben tehát körutunkban valósággal se nem nyerünk, se nem veszünk; az egyik esetben minden egyes nap *rövidebb* s csak annyiban nyerünk egy napot, a másikban pedig minden egyes nap *hosszabb*, s annyiban veszünk egy napot.

A *nap keltét* illetőleg még kétséges lehet, vajjon a rövidebb vagy a hosszabb napokat tekintsük-e közönséges napoknak, s e szerint változtassuk-e meg a datumot.

Képzeljünk ismét két utast, kik pl. Kaliforniába utaznak. Mindkettő Pestről indul el, de az egyik kelet, a másik nyugat felé tart. Tegyük, hogy egy időben érkeznek meg Kaliforniában. A hazulról magokkal vitt órák egyformán járnak s így egyenlőn mutatják az órát és datumot. Tegyük, hogy az óráik augusztus 2-kán estve 7 órát mutatnak. Az egyik utazó, ki nyugati irányban utazott, tudja, hogy órája az általa megérintett helyek óráihoz képest mindig sietett s mintán körülbelől $140\frac{1}{2}$ hosszúsági foknyi utat tett nyugat felé, azt fogja következtetni, hogy Kaliforniában San-Francisco órái körülbelől 9 órával 22 percczel kevesebbet mutatnak, mint saját órája, hogy tehát ott augusztus 2-dika délelőtti 9 óra 38 perc van. A másik utazó, ki kelet felé menve a Csendes világtengeren át jutott San-Franciscoba, azt tapasztalta, hogy órája mindentűt késett s mintán körülbelől $219\frac{1}{2}$ hosszúsági fokon haladt át, azt fogja gondolni, hogy a san-franciscoi órák az ő órájához képest 14 órával 38 percczel sietnek, hogy tehát ott aug. 3-dika van s reggeli 9 óra 38 perc. Mindkét következtetés helyes, mégis San-Franciscoban nem lehet egyszerre augusztus 2-dika és 3-dika. Ebből látjuk, hogy a datum számítása csak önkényes szokáson, nem pedig természetes felosztáson alapszik. A Föld kerek-ségén *nem lehet egyszerre* pl. augusztus 2-dika; némely helyeken augusztus 2-dika, másokon ugyanakkor augusztus 1-je vagy 3-dika van. Tegyük, hogy most mindenütt augusztus 2-dika van, világos, hogy vannak helyek, hol éjfél van s e datum éppen kezdődik; e

helyektől 90 foknyira kelet felé augusztus 2-dika reggeli 6 óra, még 90 fokkal odább keletre augusztus 2-dika déli 12 óra, még 90 fokkal odább keletre aug. 2-dika estve 6 óra s még 90 fokkal odább keletre éjfél volna aug. 2-dika és 3-dika között. Tegyük, hogy ez még nem a kiindulási hely, hanem csak közel fekszik hozzá; azon helyen aug. 2-dikáról 3-dikára forduló éjfél, a kiindulási helyen pedig, mely ahhoz nagyon közel esik, aug. 1-jéről 2-dikára forduló éjfél volna. Tehát megeshetik, hogy két egymáshoz közel fekvő helyen a datum egy nappal különbözik. Példát erre Éjszak-Amerika éjszaknyugati vidékei szolgáltattak. T. i. azon területen, melyet Aljaszkának neveznek s melyet azelőtt Oroszország birt, az Oroszországban divatozó számítás szerint a datum egy nappal előbbre volt, mint a szomszéd angol és éjszakamerikai egyesületi területeken. Pl Szitka város lakosai augusztus 3-dikát irtak, midőn San-Franciscóban aug. 2-dika volt. Más példát szolgáltatnak *Új-Zéland* és *Tongatabu* szigetek. Amannak keleti fokhegye a K. H. 196., emez pedig a K. H. 203. foka alatt fekszik, a hosszúsági különbség tehát a két hely között 7 fokot tesz, mi a helybeli időre nézve félórányi különbséget sem okoz, még pedig Tongatabun az időnek majdnem félórával *előbbre* kellene lennie, mivel keletre van Új-Zélandtól. Mindazáltal a hónap és hét napjára nézve tetteleg másképp van a dolog. Ugyanis midőn Pesten pl. 1871 január 1-je kezdődött, mely vasárnapra esett, Új-Zélandon ugyan szintén január 1-je és vasárnap s különösen az említett keleti fokhegyen délelőtti 10 óra 40 percz volt, ellenben a közeli Tongatabu sziget lakosai még csak december 31-dikét és szombatot irtak s délelőtti 11 óra 10 percz volt. Sőt a Filippini szigeteken Manila városban még csak 1870 évi december 30-kát és pénteket irtak s estve 10 $\frac{1}{4}$ órát számítottak akkor, midőn Új Zéland keleti fokhegyén már 1871 január 1-je s reggeli 3 óra volt. Tehát az egymástól nem igen messzire eső szigetek a datumra nézve két nappal is térnek el egymástól. Ugyancsak a Filippini szigeteken a spanyolok *szombatnak*, a közeli Makaóban lakozó portugálok pedig *vasárnapnak* mondják ugyanazt a napot.

A különbség onnan eredt, hogy Amerika, Ázsia és Ausztrália egyaránt Európából kapták a naptárt és időszámítást; Amerika a datumra nézve egy nappal-hátrább, Ázsia és Ausztrália pedig előbbre vannak Európával szemben. Midőn Európában pl. augusztus 2-dika reggel van, Amerikában még csak augusztus 1-je estve van, Ázsiában és Ausztráliában ugyanakkor augusztus 2-dikát írják, de

tavaszponti délkör megjelenése óta *elmúlt* időt fejezi ki. Ha ezt az időt fokokra számítják át, megkapják a csillagok ívbeli távolságát a tavaszponti délkörtől, azaz megkapják a csillagok *egyenes emelkedését*. Pl. az Oroszlán csillagzatban levő *Regulus* csillag a csillagi idő szerinti 10 órakerület jelenik meg, tehát egyenes emelkedése 150 fok.

A csillagászati óra tehát a *csillagidő*, a *csillagi nap* szerint van szerkesztve. De a közönséges életben nem a csillagok, hanem a Nap látszatos járásához alkalmazkodunk. Már pedig tudjuk, hogy a Nap látszatos járása nem vág össze a csillagok látszatos járásával, mely egyedül a Föld *forgásától* függ. Tavasz kezdetén a Nap éppen akkor delel, mikor a csillagidő szerint 0 vagyis 24, a közönséges számítás szerint pedig déli 12 óra van. De ugyancsak a Nap delelésekor nyár kezdetén a csillagidő szerint már 6, ősz kezdetén már 12 s tél kezdetén 18 óra van. Tehát valamely csillag és a Nap delelése között nagy időbeli különbség van, s azalatt, hogy az álló csillagok 366-szor delelnek, a Nap csak 365-ször delel. T. i. a Föld 366-szor forog tengelye körül, míg körútját a Nap körül befejezi.

E szerint a *csillagidő* valamivel rövidebb mint a *napidő*. De ehhez még azon körülmény is járul, hogy az *igazi* napidő két okból változik. Első ok az, hogy a Föld kertületes pályán kering s tehát keringési sebessége nem egyenlő s ennél fogva a Napnak látszatos járása az egen sem egyenlő, hanem majd sebesebb, majd lassúbb. Második ok az, hogy a Nap látszatos pályája az egyenlítő felé van hajolva, s ennél fogva látszatos útja az egyik délkörtől a másikig majd hosszabb, majd rövidebb; minél ferdebb a pályája a délkörök felé, annál hosszabb. Az első okból a Nap látszatos mozgása téli időnkben körülbelül $\frac{1}{11}$ -del sebesebb mint nyári időnkben. A második okból az következik, hogy a Nap nyáron és télben, mikor legmagasabban és illetőleg legmélyebben áll s a délkörökre majdnem függőlegesen eső irányban jár, egyik délkörből a másikba *rövidebb* idő alatt jut el, mint őszzel és tavasszal, midőn a délköröket ferde irányban szegi. Minthogy t. i. a nappálya az egyenlítőt a tavasz- és őszpontban $23\frac{1}{2}$ foknyi szöglet alatt szegi, azért tavasszal éjszakkéleti, őszzel délkeleti iránya van, a napfordulat idején pedig körülbelül egyenközű az egyenlítővel, azaz egyenest kelet felé van irányozva. Ennél fogva a Nap minden 24 órában nem tehet meg egyenlő utat kelet felé, s még akkor sem tehetne, ha mindig egyenlő sebességgel mozogna. Már pedig tudjuk, hogy a Nap látszatos mozgása nem egyenletes, mivel a Föld kertületes pályát

fut s azért keringése majd sebesebb, majd lassúbb. Az iv, melyet a Nap 24 óra alatt megfutni látszik, 30 napról 30 napra ekkép változik:

A Nap által 24 órában megfutott iv.				A Nap által 24 órában megfutott iv.			
Decz.	31.	1°	1'	10.1"	Jun.	29.	0° 57' 11.8"
Jan.	30.	1	0	53.8	Jul.	29.	0 57 23.3
Marcz.	1.	1	0	9.1	Aug.	28.	0 58 0.7
Marcz.	31.	0	59	9.6	Szept.	27.	0 58 56.9
April	30.	0	58	11.5	Okt.	27.	0 59 57.9
Máj.	30.	0	57	29.6	Nov.	26.	1 0 46.6

A Nap elhajlása is folytonosan változik. Mindezeknél fogva nemcsak általában a napszakák mindenütt valamivel hosszabbak, mint a megfelelő éjszakák, hanem az egyazon szélesség alatt fekvő helyeken sem tökéletesen egyenlők a napszakák, ha földrajzi hosszúságuk 180 fokkal különbözik, különösen pedig a *napidő* napszakok (napszakák és éjszakák együltt véve) hossza változó.

A Nap látszatos járásában a csillagok látszatos járásával ellenkező irányt követ, tehát minél sebesebben mozog, annál később jut a következő napon a délkörbe. Onnan van, hogy az igazi napidő télben valamivel hosszabb, nyáron pedig rövidebb. Azon oknál fogva pedig, hogy pályája az egyenlítő felé van hajolva, az igazi napidő télben és nyáron hosszabb, tavasszal és ősszel pedig rövidebb.

Ha azért az igazi napidőt jól és egyenletesen járó órával összehasonlítjuk, azt fogjuk találni, hogy az mind a két ok összeműködésénél fogva télben késik, nyáron az egyik okból késik, a másiktól siet, együlttvéve pedig szintén késik, tavasszal és ősszel pedig egyaránt siet. Oly órát, mely az ekkép változó igazi napidő szerint járna, teljes lehetetlen szerkeszteni, s azért képzeleti időt, azaz napságot gondoltak ki, mely mindig egyenlő, s melyhez mindenkor alkalmazkodhatunk.

Ugy képzelték, mintha a Nap pályája tökéletes kör s tehát mozgása mindig egyenletes volna, s mintha a pálya az egyenlítővel összeesnék. E képzelt Nap és pálya szerint állapították meg az úgynevezett *középidőt*. Az ily középidői nap csillagidői 3 percczel és 56 másodpercczel hosszabb mint a csillagidői nap, azaz egy középidői nap = 24 óra 3 percz és 56 másodpercz csillagidő, s egy csillagidő nap = 23 óra 56 percz és 4 másodpercz középidő. 365 középidői nap = 366 csillagidői nap. A *közép* napidői nap majd hosz-

szabb majd rövidebb mint az igazi napidő nap. Ezt a különbséget *időegyenletnek* nevezik, mert azt a Nap valóságos delelésének idejéből majd ki kell vonni, majd hozzá kell adni, hogy a középидő delet megkapjuk.

A helyesen készített *napóra* az igazi napidőt mutatja, a napóra tehát nem egyez meg tökéletesen a közönséges órával.

A közönséges órák a *középidő* szerint járnak, s azért a Nap valóságos delelésekor majd többet majd kevesebbet mutatnak, mint 12 órát. Azért a közönséges órák szerint beosztott *félnapok* sem egyenlők, majd a délelőtti félnap hosszabb, mint a délutáni, majd ez hosszabb, mint a délelőtti. Vagyis a Nap valóságos felkelésétől kezdve a középidő szerinti 12 óráig nem múlik el mindig annyi idő, a mennyi 12 órától kezdve a Nap lenyugvásaig. Novemberben pl. a középidő szerinti délelőtt félórával *hosszabb*, mint a délután februárban ellenkezőleg a délelőtt majdnem ugyanannyival *rövidebb*, mint a délután. Azért összel a napok fogyását s tavasszal a napok növekedését leginkább délután vesszük észre.

A csillagászati naptárakban, pl. a Magyar tud. Akadémia által kiadott Almanachban, hónapról hónapra s napról napra ki van téve az illető időegyenlet, melyet a + és — jel szerint vagy hozzá kell adni az igazi napidőhöz, vagy ki kell vonni belőle, hogy a középidőt megkapjuk. Évenként négy napon az időegyenlet = 0, vagyis az igazi napidő összeesik a középidővel, t. i. ápril 15., június 15., szeptember 1. és december 25-dikén.

A következő egybeállítás az egyes hónapokra nézve öt napról öt napra mutatja az időegyenletet.

Januar	1	+	5.8 percz.	Marczius	17	+	8.6 percz.
	6	+	6.1 „		22	+	7.1 „
	11	+	8.2 „		27	+	5.6 „
	16	+	10.0 „	April	1	+	4.0 „
	21	+	11.6 „		6	+	2.5 „
	31	+	13.7 „		11	+	1.1 „
Február	5	+	14.3 „		16	—	0.2 „
	10	+	14.6 „		21	—	1.3 „
	15	+	14.5 „		26	—	2.3 „
	20	+	14.0 „	Május	1	—	3.1 „
	25	+	13.4 „		6	—	3.6 „
Marczius	2	+	12.4 „		11	—	3.9 „
	7	+	11.3 „		16	—	3.9 „
	12	+	10.0 „		21	—	3.8 „

Május	26	—	3.4 percz.	Szeptember	18	—	5.8 percz.
	31	—	2.8 „		23	—	7.6 „
Junius	5	—	2.0 „		28	—	9.3 „
	10	—	1.1 „	Oktober	3	—	10.9 „
	15	—	0.0 „		8	—	12.6 „
	20	+	1.0 „		13	—	13.3 „
	25	+	2.1 „		18	—	14.7 „
	30	+	3.1 „		23	—	15.5 „
Julius	5	+	4.1 „		28	—	16.1 „
	10	+	4.9 „	Novemb er	2	—	16.2 „
	15	+	5.5 „		7	—	16.2 „
	20	+	5.9 „		12	—	15.7 „
	25	+	6.1 „		17	—	14.9 „
	30	+	6.1 „		22	—	13.7 „
Augusztus	4	+	5.8 „		27	—	12.2 „
	9	+	5.2 „	Deczember	2	—	10.4 „
	14	+	4.5 „		7	—	8.4 „
	19	+	3.4 „		12	—	6.1 „
	24	+	2.2 „		17	—	3.7 „
	29	+	0.8 „		22	—	1.2 „
Szeptember	3	—	0.7 „		27	+	1.2 „
	8	—	2.3 „		31	+	3.7 „
	13	—	4.0 „				

E kimutatásban foglalt időegyenlet oly évekre nézve, melyek két szökő év közé esnek, pontosnak tekinthető, más évekre nézve körülbelöl $\frac{1}{10}$ percznyivel hibás. T. i. az időegyenlet évről évre némi csekély változást szenved, mely leginkább onnan ered, hogy a közönséges polgári év valamivel rövidebb, mint a fordulati év, s azért minden negyedik évre mint szökőévre egy nappal többet számítunk.

A csillagok 15 foknyi ívet 1 csillagidő, a Nap pedig ugyan-csak 15 foknyi ívet 1 igazi napidő óra alatt futnak meg. A csillagidő nap a középido naphoz úgy viszonylik, mint $360 : 365^{\frac{109}{450}}$ tehát a csillagidő nap szorosán véve $2' 56.55''$ -cel rövidebb mint a középido nap, vagyis ez 24 órát 3 perczet s $56^{\frac{55}{100}}$ másodperczet tesz csillagidőben. Miután 24 óra középido = 24 óra 3 percz 56.55 másodpercz csillagidő, tehát 24 óra csillagidő = 23 óra 56 percz 4.09 másodpercz középido.

A középido dél naponkint $3' 56.55''$ -cel később áll be, mint a csillagóra szerinti dél, s a csillagok naponkint $3'$ és $55.9''$ -cel előbb delelnék, mint a középido szerint járó órán dél van.

A csillagászati naptárakban nemcsak minden évre és napra nézve az időegyenlet van kitéve, hanem a csillagidő azon órája is, mely minden nap a középidei délre esik. De itt nem kell feledni, hogy a csillagidei óra rövidebb, mint a közönséges középidei óra, még pedig majdnem 10 másodpercczel, tehát ennyit ki kell vonni a csillagidei órából, hogy a középidei órát megkapjuk. Pl. *Szírius* csillag egyenes emelkedése 6 óra 39 percz, azaz, mikor azon csillag delel, akkor a csillagidei óra 6 órát 39 perczet mutat. Kérdeztük, mikor deelt pl. 1871 január 1-jén *Szírius* csillag? A csillagászati naptár szerint 18 óra 43 percz csillagidő volt a középidei délben (12 órakor), 18 órától 43 percztől 6 óráig 39 perczig 11 óra 56 percz múlik el ($18 \text{ óra } 43 \text{ percz} + 5 \text{ óra } 17 \text{ percz} = 24 \text{ óra}$, $5 \text{ óra } 17 \text{ percz} + 6 \text{ óra } 39 \text{ percz}$ pedig $= 11 \text{ óra } 56 \text{ percz}$). Ebből a 11 óra 56 percz csillagidőből mintegy 2 percz kivonandó, tehát *Szírius* csillag a közönséges középidei szerint délután 11 órakor 54 perczkor delel.

A csillagászok, mint már említettük, a nap kezdetétől, illetőleg végétől a delet tekintik, a közönséges életben pedig az éjfél tekintik a nap kezdetétől, illetőleg végétől. Több régi nép, így a görögök is a nap kezdetét a Nap lenyugvásától, estvétől fogva számították: így van ez még most is az izraelitáknál és mohammedánoknál az ünnepekre nézve. A babiloniaiaknál a nap reggel, a Nap felkelésekor kezdődött. Többnyire csak a napszakát osztották rendesen 4 szakaszra, 12 órára, az éjszakát az órállások szerint osztották fel.

Az idő meghatározása a Föld forgásán alapszik, melynél fogva az éggömb látszólag keletről nyugatra forog s ennél fogva a csillagok keleten felkelnek s nyugaton leszállnak. Tehát a kelet felé eső helyeken hamarabb kelnek fel, mint a nyugatra eső helyeken, s minthogy az egész forgási idő 24 órát tesz, azért 1 órára 15 fok, 1 fokra 4 időpercz, 1 időperczre 15 ivpercz esik. Ez egyaránt áll mind a csillagidőre, mind a középidei, mind az igazi napidőre nézve. Ha tehát két hely pl. 1 foknyi távolságra esik egymástól, az egyik, t. i. kelet felé eső helyen a csillagok 4 csillagidei percczel, a Nap 4 igazi napidei percczel előbb delelnek s a helybeli órák is 4 középidei percczel előbb mutatnak delet, mint a másik, nyugat felé eső helyen.

A különböző helyeken való idő különbségét most kiki tapasztalhatja, midőn egyik ország vaspályáiról a másik ország vaspályáira, pl. az osztrák vaspályákról a porosz, czeokról a francia

pályákra jut. Egyazon ország, pl. hazánk különböző pályavonalain is érezhető az idő különbsége. Hogy a vonatok menetrendje a különböző pályákon összevágjon, az illető ország fővárosának vagy főobservatoriumának idejéhez alkalmaztatják a vaspályai állomások órait. Így hazánkban most a *budai* idő szerint van a vonatok menetrendje meghatározva. A francia pályákra nézve a *párisi*, a Franciaországgal határos porosz pályákra nézve pedig a *kölni* idő van megállapítva. A párisi és kölni idő 21 percczel különbözik. A Párisban feladott távirói sürgönynek látszólag legalább 21 percnyi időre van szüksége, hogy Kölnbe érkezzék, mert Párisban a feladás idejét *párisi*, Kölnben pedig az érkezés idejét *kölni* idő szerint számítják. Megfordítva Kölnben vagy Pesten feladott sürgöny a feladás ideje *előtt* érkezhetik meg Párisban.

Minden helyen a közonséges órák a helybeli időt mutatják, mindentitt akkor van 12 óra, mikor a Nap a középido szerint delel. Képzeljük már, hogy valaki Pestről kiindulva jól járó órával körutat tesz a Föld körül. Tegyük, hogy a pesti idő szerint igazított óra úgy van szerkesztve, hogy a hónapok napjait is mutatja. A körutat *kelet* felé menve végezi. Ez irányban menve csakhamar észreveszi, hogy órája az útjában elért különböző városok óráihoz képest mind inkább *késik*. Az elért városokban mind hamarabb van dél s midőn útjának felét végezte, ott épen akkor van dél, mikor órája szerint még csak éjfél volna. Ha a hónapok napjait jelentő mutató délben ugrik a következő napra, a fél úton elért helyen pl. július 4-dike s déli 12 óra akkor van, mikor az utazó órája szerint még csak július 3-dika és éjfél van. S végre midőn a képzelt utas egész körútját bevégezi, úgy látszhatik, mintha a kiindulási helyen az érkezés napjának dele, az előbbi napnak déle vel esnék össze. De ez lehetetlen, mert az óra a kiindulási hely szerint jár, tehát azon napot kell mutatnia, melyet a helyben maradt órák mutatnak. — Ha a képzelt utazó *nyugati* irányban teszi meg a körutat, hasonló ellenmondást fog tapasztalni. A magával vitt órának mind jobban sietnie kellene s végre midőn körútját bevégezte, 24 órával kellene sietnie. Mégis megint úgy fog mutatni, mint a kiindulás helyén való órák. Hogyan értsük meg azt? Világos, hogy ha keleti irányban utazunk, s a napot egyik déltől a másikig számítjuk, ránk nézve minden egyes nap mind rövidebb, mert hiszen a Napnak eleje utazunk, s tehát nekünk naponként korábban delel. Végre midőn az egész körutat megtettük, a dél

ránk nézve egész nappal áll be hamarabb, azaz egy egész nappal többet értünk meg, mint azok, kik kiindulási helyünkön maradtak; de minden egyes nap rövidebb ideig tartott, s e szerint nem nyertünk az időben 24 órát, hanem csak egygyel többször láttuk a Napot felkelni és delelni. Megfordítva a nyugati irányban utazóra nézve minden egyes nap tovább tart, s így annyiban vesz egy napot, mennyivel egygyel kevesebbszer látja a Napot felkelni és delelni.

Az időben tehát körutunkban valósággal se nem nyertünk, se nem veszünk; az egyik esetben minden egyes nap *rövidebb* s csak annyiban nyertünk egy napot, a másikban pedig minden egyes nap *hosszabb*, s annyiban veszünk egy napot.

A nap keltét illetőleg még kétséges lehet, vajjon a rövidebb vagy a hosszabb napokat tekintsük-e közönséges napoknak, s e szerint változtassuk-e meg a datumot.

Képzeljünk ismét két utast, kik pl. Kaliforniába utaznak. Mindkettő Pestről indul el, de az egyik kelet, a másik nyugat felé tart. Tegyük, hogy egy időben érkeznek meg Kaliforniában. A hazulról magokkal vitt órák egyformán járnak s így egyenlőn mutatják az órát és datumot. Tegyük, hogy az óráik augusztus 2-kán estve 7 órát mutatnak. Az egyik utazó, ki nyugati irányban utazott, tudja, hogy órája az általa megértett helyek óráihoz képest mindig sietett s miután körülbelől $140\frac{1}{2}$ hosszúsági foknyi utat tett nyugat felé, azt fogja következtetni, hogy Kaliforniában San Francisco órái körülbelől 9 órával 22 percczel kevesebbet mutatnak, mint saját órája, hogy tehát ott augusztus 2-dika délelőtti 9 óra 38 perc van. A másik utazó, ki kelet felé menve a Csendes világtengeren át jutott San-Franciscoba, azt tapasztalta, hogy órája mindentűt késett s miután körülbelől $219\frac{1}{2}$ hosszúsági fokon haladt át, azt fogja gondolni, hogy a san-franciscoi órák az ő órájához képest 14 órával 38 percczel sietnek, hogy tehát ott aug. 3-dika van s reggeli 9 óra 38 perc. Mindkét következtetés helyes, mégis San-Franciscoban nem lehet egyszerre augusztus 2-dika és 3-dika. Ebből látjuk, hogy a datum számítása csak önkényes szokáson, nem pedig természetes felosztáson alapszik. A Föld kerekességén *nem lehet egyszerre* pl. augusztus 2-dika; némely helyeken augusztus 2-dika, másokon ugyanakkor augusztus 1-je vagy 3-dika van. Tegyük, hogy most mindenütt augusztus 2-dika van, világos, hogy vannak helyek, hol éjfél van s e datum éppen kezdődik; e

helyektől 90 foknyira kelet felé augusztus 2-dika reggeli 6 óra, még 90 fokkal odább keletre augusztus 2-dika déli 12 óra, még 90 fokkal odább keletre aug. 2-dika estve 6 óra s még 90 fokkal odább keletre éjfél volna aug. 2-dika és 3-dika között. Tegyük, hogy ez még nem a kiindulási hely, hanem csak közel fekszik hozzá; azon helyen aug. 2-dikáról 3-dikára forduló éjfél, a kiindulási helyen pedig, mely ahhoz nagyon közel esik, aug. 1-jéről 2-dikára forduló éjfél volna. Tehát megeshetik, hogy két egymáshoz közel fekvő helyen a datum egy nappal különbözik. Példát erre Éjszak-Amerika éjszaknyugati vidékei szolgáltatnak. T. i. azon területen, melyet Aljaszkának neveznek s melyet azelőtt Oroszország birt, az Oroszországban divatozó számítás szerint a datum egy nappal előbbre volt, mint a szomszéd angol és északamerikai egyesületi területeken. Pl. Szitka város lakosai augusztus 3-dikát irtak, midőn San-Franciscóban aug. 2-dika volt. Más példát szolgáltatnak *Új-Zéland* és *Tongatabu* szigetek. Amannak keleti fokhegye a K. H. 196., emez pedig a K. H. 203. foka alatt fekszik, a hosszúsági különbség tehát a két hely között 7 fokot tesz, mi a helybeli időre nézve félórányi különbséget sem okoz, még pedig Tongatabun az időnek majdnem félórával *előbbre* kellene lennie, mivel keletre van Új-Zélandtól. Mindazáltal a hónap és hét napjára nézve tetteleg másképp van a dolog. Ugyanis midőn Pesten pl. 1871 január 1-je kezdődött, mely vasárnapra esett, Új-Zélandon ugyan szintén január 1-je és vasárnap s különösen az említett keleti fokhegyen délelőtti 10 óra 40 percz volt, ellenben a közeli Tongatabu sziget lakosai még csak december 31-dikét és szombatot irtak s délelőtti 11 óra 10 percz volt. Sőt a Filippini szigeteken Manila városban még csak 1870 évi december 30-kát és pénteket irtak s estve 10 $\frac{1}{4}$ órát számítottak akkor, midőn Új Zéland keleti fokhegyén már 1871 január 1-je s reggeli 3 óra volt. Tehát az egymástól nem igen messzire eső szigetek a datumra nézve két nappal is térnek el egymástól. Ugyancsak a Filippini szigeteken a spanyolok *szombatnak*, a közeli Makaóban lakozó portugolok pedig *vasárnapnak* mondják ugyanazt a napot.

A különbség onnan eredt, hogy Amerika, Ázsia és Ausztrália egyaránt Európából kapták a naptárt és időszámítást; Amerika a dátumra nézve egy nappal hátrább, Ázsia és Ausztrália pedig előbbre vannak Európával szemben. Midőn Európában pl. augusztus 2-dika reggel van, Amerikában még csak augusztus 1-je estve van, Ázsiában és Ausztráliában ugyanakkor augusztus 2-dikát írják, de

a nap óráira nézve az egyes vidékek déli 12 óra és késő este között különböznek. A Csendes világtenger szigetein hirtelen ugrások vannak a datumra nézve. Azok, melyek Amerika felől szállatok meg, az amerikai időszámítást követik, azok pedig, melyek Europa, illetőleg Ázsia és Ausztrália felől vétettek birtokba, az ázsiai és ausztráliai számításhoz alkalmazkodnak. A kétféle időszámítás határvonala egészben véve a keleti hosszúság 180-dik délkörét követi, de majd keletre majd nyugatra kanyarodik ki; ugyanis a déli sarkon kezdődve Chatam és Új-Zéland, azután Ausztrália keleti oldala előtt vonul éjszak felé, továbbá Új-Guinea és a Karolina szigetek között kanyarodik el s azután nyugatra fordulván, a Filippini és Mariani szigeteket keletre hagyja; továbbá a Japán és Kurili szigetek keleti oldalán elhaladván a Bering-szorost éri el. E határvonaltól nyugatra a hónap és hét napja egygyel előbbre van mint attól keletre. A hajósok azért, midőn a 180-diki délkörön áthaladnak, a datumban egy napot mellőznek, ha keletről nyugatra tartanak s egy napot kétszer számitanak, ha nyugatról keletre utaznak.

Hét, hónap, esztendő. Julianféle és Gergelyféle naptárak.

Az idő további felosztásai: a hét, hónap és esztendő. Hét nap egy hetet tesz, ez időszak körülbelől megegyez a Holdnak egy fényciklusának idejével. Már a régi egyiptomiak és izraeliták használták az időnek e felosztását; a rómaiak egy hétre 8 napot számitottak, azaz 8 napi időszakot (*nundinae*) különböztettek meg. A görögök 3 részre osztották a hónapot. A keresztyének a hét első napjával a *vasárnapot* tekintik. A régi csillagjósok bizonyos befolyást, uralkodást tulajdonítottak a bolygóknak, melyek szerintök a következők: Szaturnusz, Jupiter, Mársz, Nap, Venusz, Merkuriusz és Hold. Képzeletök szerint e bolygók a napnak egyes óráiban az említett sorrendben egymást felváltva uralkodnak; a melyik közöttök a nap első órájában uralkodik, az az illető napnak fő uralkodója, s tehát a napot róla nevezték el. A hét első napja a szombat volt s ennek első órájában a legtávolabb eső Szaturnusz uralkodott, tehát a szombat Szaturnusz napja volt (*dies Saturni*). Azután e sorban következtek a napok és uralkodók: *Dies Solis* (a Nap napja, németül is Sonntag, magyarul vasárnap = vásárnap), *Dies Lunae* (a Hold napja, németül Montag, magyarul hétfő, a hét feje), *Dies Martis* (Mársz napja), *Dies Mercurii*, *Dies Jovis* (Jupiter napja), *Dies Veneris* (Venus napja).

A hónap és esztendő meghatározása igen bajos volt. A Hold bonyolódott mozgásai szerint öt különbözőféle *hónapot* vagyis *holdnapot* különböztethetünk meg, s ezekhez járul még a hatodik, t. i. a *naptári hónap*, mely egyikkel sem egyez teljesen. Földünk körüli pályáját a Hold, mint láttuk, átlagosan 27 nap, 7 óra, 43 percz és 11 másodpercz alatt fűtja meg, s ez idő a *csillagi hónap*; de négy fényváltozásának időszaka 29 napig, 12 óráig, 44 perczig és 3 másodperczig tart átlag véve, tehát a *fényváltozati hónap* több mint 2 nappal hosszabb. Az idő, mely alatt a Hold egyik csomópontjából kiindulván ugyanabba visszatér, 27 napig, 5 óráig, 6 perczig és 56 másodperczig tart, s ez a *sárkány-hónap*; továbbá az idő, mely alatt a Hold pályájának a Földhöz legközelebb vagy ellenkezőleg legtávolabb eső pontjából kiindulván, abba ismét jut, 27 napig, 13 óráig, 18 perczig és 37 másodperczig tart s *eltérési hónapnak* nevezetik. Végre azt az időt, mely alatt a Hold a földpálya tavaszpontjával együtt kétszer egymásután delel, *fordulati* (periodicus) *hónapnak* nevezik, s ez 27 napot, 7 órát, 43 perczet és 4.6 másodperczet tesz, azaz körülbelül 7 másodperczel rövidebb, mint a csillagi hónap.

E hónapok közül melyiket használjuk az idő felosztására? A különböző népek rendszeren a fényváltozati hónapot használták, mely tehát valamivel többet tesz, mint $29\frac{1}{2}$ napot. Azaz, ha a Hold valamely napon a Nappal együtt egyszerre delelt, csak 29.⁵³⁰⁶ középidői nap múlva delel újra a Nappal egyszerre. Tehát a Hold 28.530588-szor delel, míg a Nap 29.530588-szor delel, s így a Hold egy delelésére a Napnak 1.03505 delelése esik, vagyis napidőben kifejezve, a Hold 24 óra 50 percz és 26.⁵⁹² másodpercz alatt delel kétszer egymás után. Ez tehát a *tulajdonképi holdnap* a napidő szerint számítva.

A Föld keringési idején alapuló *esztendő* sem egyforma. A csillagászok nevezetesen *háromféle* esztendőt különböztetnek meg: az *évszaki* vagy *fordulati* (tropicus), a *csillagi* (sidericus) és az *eltérési* (anomalisticus) évet. A fordulati évre 365.24222 nap, vagyis 365 nap, 5 óra 48 percz és 17.81 másodpercz (középidő) esik; a csillagi év, mely alatt a Föld a Nap középpontjából tekintve kétszer egymásután ugyanazon állócsillag mellett látszanék, a napéjegyenlőségek előhaladása miatt 20 időperczel és 52.91 másodperczel hosszabb; s végre az eltérési év a pálya nagy tengelyének mozgása még amannál is 5 perczel és 12 másodperczel hosszabb, tehát

365 napot, 6 órát, 14 perczet és 22.75 másodperczet tesz közép-időben.*)

A régi népek többnyire 12 fényváltozati (synodicus) hónapot számítottak egy évre, mely 354.367 napot tesz s tehát rövidebb volt, mint a Nap esztendeje. Azért idő jártában ugyanazon hónap más más időszakba esett. Ha tehát a hónapok^a és az esztendő egyes szakait a természeti eseményekkel meg akarták egyeztetni, az évet meg kellett toldaniok. A görögök között Meton gondolt ki egy módot az egyeztetésre. Meton rendszere, melyet utóbb Euktemon és Hipparchosz még javítottak, abban állott, hogy 19 évből való idő köröket (cyclusokat) állított fel, minden ily 19 évi időkörben 12 évet egyenként 12 hónappal és 7 évet egyenként 13 hónappal számítottak, úgy hogy az egész időkörre $144 + 91 = 235$ fényváltozati hónap, vagy 6939 nap, 16 óra, 30 percz és 21.5 másodpercz esett. A 235 hónap közül t. i. 125 teljes, azaz 30 napos, és 110 üres, azaz 29 napos volt. A tulajdonképi (fordulati) nap-esztendő 365 napot, 5 órát, 48 perczet és 17.8 másodperczet tesz, 19 ilyféle esztendőben tehát 6939 nap, 15 óra, 15 percz és 58.9 másodpercz van. E szerint a különbség igen csekély és csak 19×19 évben tesz egy egész napot.

Metón a róla nevezett 19 évi holdkört (időcyclust) 432-ben K. e. állapította meg s az olympiai játékok éveinek meghatározására és kiszámítására alkalmazá. A görögök t. i. az olympiadok szerint számították az éveket, egy-egy olympiadra 4 év esett, s az évsort a 775-diki évben K. e. kezdék meg, mint a melyben állítólag julius hónapban az olympiai játékok először tartattak.

Az újév kezdetét K. e. 432 óta az athenciek Metón javaslatára a nyári napfordulatot követő első újholdra tették, s e szokást azután jobbára a többi görögök is bevették. A 11 napot, melyekkel a napév hosszabb volt mint a 12 fordulati hónapból álló év, *beto'dott, beiktatott* napoknak (*ἡμέραι ἐπαικταί*) nevezték. Utóbb, mint látni fogjuk, más értelmű volt az »epakta« szónak.

Minden 19 év múlva az újholdnak nevezett fényváltozások az évnek ugyanazon napjaira estek. Külömben pedig minden évben

*) Lockyer szerint az átlagos csillagi év 365 nap, 6 óra 9 percz 0.6 mpercz, az átlagos fordulati év 365 n., 5 óra 48 percz 46.054 mpercz, az átlagos eltérési év 365 n., 6 óra 13 percz 49.3 mpercz. Egyébiránt a fordulati esztendő mostanában a földpálya változása miatt minden 100 év alatt $\frac{6}{10}$ másodperczcel rövidebbé lesz, Hipparchusz ideje óta egészben véve 12 másodperczcel lett rövidebb.

körülbelül 11 nappal később állottak be. Ha meg akarták tudni, a folyó évben vagy általában bizonyos évsornak valamely évében micsoda napokra esett az ujhold, mindenek előtt azt kellett kiszámítani, a kérdéses év hanyadik év a 19 évi időkörben. Ezt ekkép találták meg: a felvett évsorhoz vagy a folyó év számához egyet adtak hozzá, azután az összeget 19-czel felosztották, s a maradék szám megmutatta, a kérdéses év hanyadik esztendő a cyclusban. Ha nincs maradék, a kérdéses év a cyclus 19-ik éve. Azt a számot, mely mutatja, hanyadik az illető év a cyclusban, *arany számnak* nevezték. A Metonféle naptár tehát következőleg volt berendezve:

Hónap neve	A c y c l u s é v e i.																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Hekatombaon	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30
Metagitnion	30	30	29	29	30	29	30	29	29	29	30	30	29	29	29	30	30	29	29
Boedromion	29	29	30	30	29	30	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30
Pyaneption	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	29	30	30	29	30
Maemakterion	29	29	30	30	29	29	29	30	30	29	29	29	30	30	30	30	29	29	30
Poseideon szökőévben (Poseideon II.)	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	30
Gamelion	29	30	29	30	30	29	29	29	30	29	29	29	29	30	29	30	29	30	30
Antheoterion	30	29	30	29	29	30	30	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29
Elaphebolion	29	30	30	30	30	29	30	29	30	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30
Munychion	30	29	29	29	29	30	29	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29
Thargelion	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30
Skirphorion	30	29	29	29	30	29	29	29	29	30	30	30	29	30	29	30	30	29	29
Év	355	354	384	364	384	355	384	364	354	355	384	364	384	354	355	384	364	384	354

E szerint az egész 19 évi időszakban 235 hónap és 6940 nap volt; Kalipposz utóbb még azt a javítást tette, hogy 4 metonféle időkört egybefoglalván, minden ily időszak után egy napot mellőzött, s ekként az egyes év átlagos hossza éppen $365\frac{1}{4}$ napot tett.

Az *izraeliták* a legrégibb időben igen zavart időszámítást követtek; a babiloniai fogság után a 19 évi cyclust fogadták el és szintén 7 szökő évet vettek, de a szökő vagyis beiktatott hónapot nem egészen Metón rendszere szerint, hanem a cyclus 3., 6., 8., 11., 14., 17., és 19. éveiben alkalmazták. A napot estvétől kezdve számították s 24 órára, az órát 1080 »chlak«-ra s a chlak-ot 76 »regaim«-ra osztották. De az év kezdetére nézve igen füresa intézkedéseket tettek, t. i. az sohasem eshetett vasárnapra, szerdára és péntekre. A végett az évet majd megrövidítették, majd meghosszabbították, s hatféle esztendőt különböztettek meg;

a megrövidített közönséges évet, melynek 353 napja volt.

a rendes " " 354 "

a feles " " 355 "

a megrövidített igtató " " 383 "

a rendes " " 384 " "

a feles " " 385 " "

A rendes közönséges évnél hónapjai ezek :

Tiszri	30 nappal.	Nizan	30 nappal.
Marcheszvan	29 "	Jjar	29 "
Kiszlev	30 "	Sziván	30 "
Tebetli	29 "	Thamusz , . . . ,	29 "
Sebal	30 "	Ab	30 "
Adar	29 "	Elul	29 "

Az igtató évben Adarnak 30, a beigtatott Veadar hónapnak 29, a feles években Marcheszvan hónapnak 30, a megrövidített években Kiszlev hónapnak 29 napja van. E mellett egy fordulati hónap átlagos hossza 29 napra 12 órára 793 Chlakra tétetett, mi épen anyyi mint a Hipparchosz által talált idő, t. i. 29 nap 12 óra 44 perc 3.33 másodperc, ez csak $\frac{1}{3}$ másodpercczel több, mint a mennyit most vesznek. Az év kezdete a zsidóknál a keresztyén időszámítás szerinti szept. 6-dika és Oktober 7-dike között változik, Húsvétjük változatlanul Nizan hónap 15-dikén esik.

Az egyiptomiak eredetileg 12 hónapot, mindegyikét 30 nappal, számítottak egy esztendőre, mely tehát 360 napból állott. Csakhamar észrevették, hogy éveik nem egyeznek meg a csillagok járásával s a természeti eseményekkel. Tehát 5 toldaléknapot csatoltak még az évhez. Ezt már 2782-ben K. e. tették; ugyancsak azóta az újév kezdetét azon naptól számították, melyen a *Sziriusz* vagyis *Nagyeb* (Szothisz) a nyári napfordulat után reggel kelt fel; e nap a julianféle naptár szerinti julius 20-dikára esett. Éveik azonban az 5 toldaléknappal mellett is majdnem $\frac{1}{4}$ nappal rövidebbek voltak, mint a napév, ennél fogva a polgári év napjai idő jártában megint különböztek a csillagászati év napjaitól. Ezt is észrevették az egyiptomiak s úgy találták, hogy 1460 évi időköz kell arra, hogy a polgári év ismét egyezésbe jusson a természeti évvel; azon évkör allott t. i. a teljes évhez hiányzó $\frac{1}{4}$ napokból teljes 365 nap, tehát egész év került ki, s így a polgári év kezdete ismét a Szirius reggeli felkelésével esett össze. — Régi időből származik azon csillagászati gyűrű vagyis karika is, mely Thebében Ramszesz palotájában volt s *Osymandyas gyűrűjének* neveztetett. Körülete 365 rőföt tett, tehát

minden röfre az évnek egy- egy napja esett, s minden nap röfjén a csillagok felkelésének és lenyugvásának ideje volt feljegyezve. A gyűrű úgy volt felállítva, hogy az egyenlítő fekvésével egyenközü volt, s a világtengely az ő síkjára függélyesen esett; tehát tavasz és ősz kezdetén a Nap a gyűrű megnyújtott síkjában járt.

A rómaiak az évre eredetileg 355 napot számítottak s 12 hónapra osztották, melyek a februáriust kivéve mind páratlan számú (felváltva 31 és 29) napokból álltak. Az újév tavasz kezdetére esett s az év első hónapja *marcius* volt. Tehát a hónapok sorrendje és nevei ezek voltak :

Martius (Marsól)	31 nap.	September (hetetik)	31 nap.
Aprilis (kelés)	29 „	October (nyolczadik)	29 „
Május (növé:)	31 „	November kilenczedik)	31 „
Junius (diszlés)	29 „	December (tizedik)	29 „
Quintilis (ötödik)	31 „	Januárus (Janustól)	31 „
Septilis (hatodik)	29 „	Februárus (Februus) ,	28 „

E szerint a rómaiak éve eredetileg $10\frac{1}{4}$ nappal rövidebb volt mint a csillagászati napév. Azért csakhamar meg kellett azt toldani, tehát minden második évben egy- egy toldalék hónapot alkalmaztak, melyre felváltva 22 és 23 napot számítottak ; e napokat februárus 24-dike után ígtatták be. A konszulok december közepén, utóbb pedig januárus 1-jén kezdék meg tiszti évöket ; e szerint a tiszti (*közigazgatási*) év kezdete különbözött a naptári újévtől, Ugy látszik, a szökőnapokat sem alkalmazták rendesen és helyesen, s a naptári év végre annyira eltért a természetes évtől, hogy január 1-je az ősz kezdetére esett.

Julius Caesar 46-ban K. e. új naptárt hozott be. Szoszigenesz csillagász javaslatára azt rendelé, hogy a közönséges év 365 napból álljon, de minden negyedik esztendő szökőév legyen egy toldaléknappal, tehát 366 nappal ; a szökő évben a toldaléknapi február 25-ke legyen, s tehát ily évben a februárus 29 napból álljon. Továbbá ezentúl az újév jan. 1-jén kezdődjék, miszerint a tavasz kezdete marciusba, még pedig a tavaszi nap-éjegylenlőség épen marcius 21-dikére essék. Quintilis hónap azután Jul'usról, később pedig Sextilis hónap Augustusról neveztetett el. Tehát a hónapok sorrendje, nevei és napjaiknak száma úgy állapittattak meg, mint még jelenben is tartjuk. *Julius Cesar* Róma alapittatása utáni 708-dik évben tette e változtatásokat, azt az évet 67 nappal kellett megtoldani, úgy hogy az 15 hónapból, vagyis 445 napból állott.

Azomban az ő intézkedése sem volt még egészen helyes. Már a 13-dik században K. u. *Baco Roger* figyelmezteté a világot, hogy a tavaszi nap-éjgyenlőség nem marc. 21-dikén, hanem 8 nappal előbb áll be. Az eltérés mindinkább növekedett s végre azt tapasztalák, hogy a tavasz kezdete marc. 11-dikére esik, holott a Juliánféle naptár szerint 21-dikére kellett volna esnie. Azért XIII. *Gergely* pápa *Clavius* bibornok és *Lili Alajos* csillagász javaslatára 1582-ben azt rendelé, hogy az ez évi október 4-dike után 10 nap elhagyásával mindjárt október 15-ke számíttassék; továbbá hogy jövőben minden 400. évben 3 szökő nap mellőztessék s ez oly századévekben történjék, melyek 4 által maradék nélkül nem oszthatók. E szerint az 1600-dik év szökőév volt s az lesz a 2000-dik év is, ellenben 1700, 1800 és 1900 évek nem szökő, hanem közönséges évek. Ekkép a naptári év legalább igen sokáig fog megegyezni a csillagászati évvel; a különbség csak 9000 év múlva fog egy napot tenni.

A Gergelyféle naptár lényeges javítást foglalt magában, mégis a protestánsok és göröghitűek vonakodtak azt bevenni. A göröghitűek még most is ragaszkodnak a Juliánféle naptárhoz, s ez divatozik általában még Oroszországban és Görögországban. A Juliánféle naptár (ó stílus) szerinti időszámítás most már 12 nappal tér el az új Gergelyféle időszámlálástól, tehát a göröghitűek új éve most az új időszámlálás szerinti január 13-dikára esik.

A mohammedánok még a *holdév*hez ragaszkodnak, mely 12 hónapra oszlik, melyek közül hat 29 és hat 30 napból áll. A törökök éve tehát 354 napot tesz; új évük természetesen időjárástában minden évszakba esik. A hónap kezdetétől az újhold első napját tekintik. A mohammedánok, nevezetesen a törökök hónapjai ezek: Moharrem 30 nap, Szafar 29 n., Refir-el-avvel 30 n., Rebi-el-accher 29 n., Dzs emádi-el-avvel 30 n., Dzs emádi-el-accher 29 n., Redseb 30 n., Sabar 29 n., Ramádan (bőjthónap) 30 n., Sevvál 29 n., Dzul-Kade 30 n., Dzul-hudse 29 vagy 30 nap. 100 ily mohammedán év éppen annyi, mint 97 napi év. Egyébiránt *Abdul-Medzsid* szultán 1844-ben azt rendelé, hogy hivatalos naptárul Törökországban is a keresztyén naptár alkalmaztassék.

A keresztyének között tehát a Gergelyféle és Juliánféle naptár divatozik. Gyakran kérdés támadhat az iránt, a Juliánféle naptár szerint keltezett bizonyos nap a hétnek micsoda napja?

Ennek kiszámítására, illetőleg meghatározására a következő szabály szolgál:

»Az adott évszám osztassék 4 és 7 által s jegyeztessék fel a két osztóval történt osztásból eredő maradék; az egyik a »négyes,« a másik a »hetes« maradék. Azután a négyes maradék vétessék kétszer s a hetes maradék vétessék négyszer s az így nyert két szám adassék össze, az összeghez számíttassék még 4, s az így nyert összeg osztassék 7 által; az osztásból eredő maradékszám megmutatja *aprilis első hetében a hónap hányadik napja volt vasárnap.*» Ha az utolsó osztásnál nincs maradék, ez azt jelenti, hogy ápril első hetében nem fordult elő vasárnap, hogy tehát marcius 31-dikén volt a vasárnap. Pl. Habsburgi Rudolf 1273 szept. 29-kén választaték német királylyá, micsoda nap volt az? Járjunk el a felfűltt szabály szerint: $1273 : 4$, a maradék 1; $1273 : 7$, a maradék 6; a négyes maradék 2-szer véve $= 2$, a hetes maradék 4-szer véve $= 24$, tehát $2 + 24 + 4 = 30$, ez osztva 7 által, marad 2; azaz 1273-ban ápril 2-dika vasárnap volt. Már pedig minden naptárban látjuk, hogy szept. 24-dike oly heti nap, mint ápril 2-dika, tehát szept. 24-dike szintén vasárnap volt, s így 1273 szept. 29-dike *péntek* volt.

Ha tudjuk, az illető évben melyik napra esett vasárnap, akkor az évnek minden heti napját könnyen megtudhatjuk, csak januáriusnál és februáriusnál arra kell ügyelni, vajjon szököév volt-e az, vagy sem. Legegyszerűbben így járhatunk el, ha az előbbi szabályt ekkép módosítva alkalmazzuk: »A kétszer vett négyes maradék s a négyszer vett hetes maradék összeadatván, az összeghez az egyes hónapokra nézve a következő számok számíttassanak még, t. i.

Jan.	febr.	marcz.	ápril	máj.	jun.	jul.	aug.	szept.	okt.	nov.	decz.
3	0	0	4	2	6	4	1	5	3	0	5

s azután az így nyert összeg osztassék 7 által, az ezen osztásból eredő maradék azt mutatja az illető hónapnak hányadikán volt a hónap első vasárnapja.» Ha a kérdéses év szököév volt, akkor januáriusra nézve 3 helyett 4, s februáriusra nézve 0 helyett 1 kell hozzáadni. E szabály azonban a Juliánféle naptári számításra vonatkozik csak.

Minden 28 év múlva az évek heti napjainak sorrendje ugyanaz, mert a négyes és hetes maradék nem változik, ha a számot 28, azaz 4×7 által szorozzuk. Ezen 28 éves időszakot a *Nap körsza-*

kának vagyis *napkörnek* nevezik, s az tulajdonkép a *vasárnapi betűk* köre. Ha t. i. január hónap első hét napját az *ABC* szerinti betűkkel jelöljük meg, a következő sorrend támad: jan. 1. *A*, jan. 2. *B*, jan. 3-dika *C*, 4-dike *D*, 5-dike *E*, 6-dika *F*, 7-dike *G*. Ha azután jan. 8-dikát megint *A* betűvel jelöljük meg s így az év minden napjaira folytatólag eljárunk, úgy fogjuk találni, hogy a közönséges év utolsó napjára megint *A* betű esik. A mily nevű nappal a közönséges év kezdődik, oly nevűvel végződik is. Ha valamely év első napja vasárnap volt, akkor, az első nap betűje *A* levén, abban az évben *A* a vasárnapi betű, s minden nap, melynek *A* betű megfelelő, az egész év folyamában vasárnap. De a következő évben január 1-je hétfőre fog esni, s így január első vasárnapja a hónap 7-dikén lesz, ennek betűje *G*, tehát ez az évnek vasárnapi betűje. Mert ez évenként egy helylyel hátrább megy. E szerint az egymásutáni években a vasárnapi betűk megfordított rendben így következnek egymásra: *G, F, E, D, C, B, A*. Nehogy szökő évben a betűket meg kelljen változtatni, azért febr. 24-dikét és 25-két ugyanazon betűvel jelölik meg, s azért szökő évben két vasárnapi betű van; egyik jan. 1-jétől februar 24-kéig, a másik pedig februar 25-kétől az év végéig érvényes. A napkör időszakának kezdetétől a Kr. sztl. előtti 9-dik évet veszik, s ezt szökőévnek tekintik. Ha tehát meg akarjuk tudni, hogy valamely adott év hanyadik éve a napkörnek, az adott évhez 9-et hozzá kell adni s az összeget 28 által felosztani; a maradékszám, melyet *napkulcsnak* neveznek, megmutatja, hogy hanyadik éve a napkörnek. Pl. 1869 hanyadik éve a napkörnek? $1869 + 9 = 1878$; ha ezt 28 által felosztjuk, marad 2, tehát 1869 a napkör 2-dik éve. Ha az osztás után nincs maradék, akkor a kérdéses év a napkör 28-dik éve.

A napkör Julianféle éveinek vasárnapi betűi a következők:

1. év	G.F	8. év	E	15. év	C	22. év	A
2. »	E	9. »	D.C	16. »	B	23. »	G
3. »	D	10. »	B	17. »	A.G	24. »	F
4. »	C	11. »	A	18. »	F	25. »	E.D
5. »	B.A	12. »	G	19. »	E	26. »	C
6. »	G	13. »	F.E	20. »	D	27. »	B
7. »	F	14. »	D	21. »	C.B	28. »	A

Ha tudjuk, a folyó év hanyadik esztendeje a napkörnek, az egybeállításból könnyen megtudhatjuk az év vasárnapi betűjét; pl. 1872 a napkör 5-dik éve, tehát a juliáni naptár szerint *B* és *A* a vasárnapi betűi. Azomban a Gergelyféle naptár szerinti időszámí-

tásnál más lesz a vasárnapi betű, mert az azon naptár szerint 12 nappal, azaz 5 helylyel hátrább esik. Pl. 1872 vasárnapi betűi a Julianféle naptár szerint *B* és *A*, a Gergelyféle naptár szerint pedig *G* és *F*. 1870 a napkör 3. éve, vasárnapi betűje a Julianféle naptár szerint *D*, a Gergelyféle naptár szerint pedig *B*. 1868-nak vasárnapi betűje a juliáni időszámítás szerint *GF*, a Gergelyféle számítás szerint pedig *ED*, 1865 a napkör 26-dik éve, vasárnapi betűje a Juliánféle számítás szerint *C*, a Gergelyféle számítás szerint pedig *A* stb.

A *finn-ugor* népek, tehát a *magyarok* is, eredetileg az időt szintén a Hold járása szerint mérték meg; a »hét« szó a Holdnak egy változását, a hónap negyed részét jelenti. Tizenhárom holdfordulat vagyis hónap egy évet tett, s a voguloknál és osztyákoknál még mai napig teszen; tehát az évre $28 \times 13 = 364$ napot számítottak. De az $1\frac{1}{4}$ napi hiányt is pótolták, még pedig úgy, hogy minden következő évet egy nappal később kezdtek számítani, tehát a 13 hónapos év végén egy napot *szöktettek*, nem számítottak; lehet, hogy bizonyos időközökben két napot is mellőztek, s ekkép a 13 hónapos évet a napévvvel teljesen összeegyeztették. A magyar nép-nél a »szökő« nap tulajdonkép nem az, melylyel az évet vagy hónapot megtoldották, melyet beigtattak, hanem az, melyet mellőztek, nem számítottak, s így ellenkezőjét teszi annak, mint a mit most alatta értünk.

Az újév kezdete, a húsvét idejének meghatározása. A rómaiaknál, mint említettük, az újév napja hajdan a tavasz kezdete, utóbb pedig januar 1-jére esett. Ezt általában a keresztyének is így tartják, de a közép korban, sőt az új korban is itt-ott más szokást követtek. Pl. *Piza* olaszországi városban az újév marcezius 25-dikére mint gyümölcsoltó Boldogasszony napjára esett, még pedig az ezen újévtől való esztendőnek azt a számot adták, mely a rákövetkező januar 1-jétől való évet illette meg, tehát valamely év december hónapja megelőzte ugyanazon évnek januariusát. Florenzben is az újév napja marcezius 25-dike volt, de az évszám meg-egyezett a jan. 1-jével kezdődő évnek számával. Franciaországban az újév húsvétre esett, noha ennek ideje változik. Csak 1567-ben rendelé a parlament, hogy januar 1-je legyen az év kezdete. Nagy-britanniában a történelmi év januar 1-jén, a közigazgatási év december 25-dikén (a 13-dik század óta marcezius 25-kén) s az egyházi év az advent első vasárnapján kezdődött. Nálunk is az

egyházi év adventtel kezdődik s a közigazgatási év 1864-ig november 1-jén kezdődött.

Az ünnepek megállapítása sok bajba került, Krisztus születésének napjául már régóta decz. 25-dikét vették, tehát a *karácson* ünnepe változatlanul meg volt állapítva. Nem úgy van a dolog a *húsvétre* nézve. Az első századokban K. u. azt a szokást követték, mely szerint a húsvét úgy mint az izraeliták „pessah“ nevű ünnepe a tavaszi napéjegyenlőség utáni holdtöltét követő vasárnapon ünnepeltetett. Ez tehát azon holdtölte volt, mely marczius 21-dikén vagy ez után legközelebb állott be. A 325-ben K. u. Nicaeában tartott egyházi zsinat határozá el, hogy a húsvét a tavaszi nap-éjegyenlőség utáni holdtöltére következő vasárnap legyen húsvét vasárnapja. Ha azon holdtölte vasárnapra esik, a húsvét ez esetben is a következő vasárnapra téteessék át. — E határozathoz nem alkalmazkodtak mindentűt s utóbb a latin és görök egyház között vita támadt arra nézve, hogy mikor tartassék a húsvét. Nagy Károly idejében a két egyház kibékült egymással, s XIII. Gergely pápa idejéig egy időben ünnepelték a húsvétet. Ennek megállapításában a Metónféle 19 évi időkört fogadták el, mely szerint minden 19 év múlva az újhold nevű fényváltozások megint ugyanazon sorrendben és napokon állnak be. Tehát felváltva minden 29 és 30 nap után egy-egy újholdot vettek fel, s azután 13 napot számítottak a holdtöltének bekövetkezéséig. Nem vettek 15 napot azért, mivel az újhold beállítását azon napra tűzték ki, melyen a Hold az esti alkonyban már látható, ez pedig rendszeren két nappal az újhold valóságos ideje után történik.

E szabály azomban azon téves véleményen alapszik, hogy a természetes év 365 naphól és 6 órából áll, s hogy az újholdok minden 19 év múlva megint egészen egyenlő rendben következnek egymásután. Midőn tehát XIII. Gergely pápa rendeletéből az új naptár hozaték be, *Lili Alajos* az *epakták cyclusát* állítá fel. Most e «*Luna epacta*» alatt a *Holdnak korát*, vagyis az újhold óta elmúlt napok számát értették, kivált januárius 1-jére nézve.

Az epaktáknak rendszere kétféle volt, t. i. megkülönböztették a *csillagászati* és *egyházi epaktákat*. A csillagászati epakták azt mutatták, hogy valamely évnek kezdetén hány nap múlt el a valóságos újhold beállása óta. Ha pl. valamely évben decz. 26-dikán éjfélkor újhold volt, a rákövetkező év jan. 1-jén azóta már 5 teljes nap múlt el s így ezen évnek epaktája V. Ha ezt a fordulati

hónap napjainak számából kivonjuk, marad 24.53, tehát a legközelebbi újhold január 25-kén éjféli 12⁷/₁₀ órában vagyis délután 42 perczkor áll be, s így ezen első újhold idejéhez egymásután csak 29.53 napot hozzá kell adni, hogy az azon évben előforduló újholdak idejét meghatározhassuk. De így csak a középidői újholdak bekövetkezését állapíthatjuk meg. *Lili* az egyházi epaktákat állítá fel s ebben következőleg járt el:

A régi naptár 19 évi cyclusát megtartá, s ezt a felvétet is, mely szerint a cyclus első évében az újhold januar 23-kán áll be. Megtartá azt a módot is, mely szerint az ugynevezett »arányszám« megtaláltatott. De minthogy a Gergelyféle naptár szerint 1582-ben 10 nap mellőztetett, s minthogy az újhold beállítását 2 nappal későbbre tette, mint az említett cyclus, azért az epakták megállapításában más eljárást kellett követnie, mint azelőtt követtek vala. T. i. a cyclus első évére nézve úgy határozta, hogy januar 1-jén az epakta I. legyen; föltette tehát, hogy az előtte való évben újhold december 31-kén volt. Minden későbbi évre 11 napot számított az epaktákra, mert ennnyivel rövidebb a 12 fényváltozati hónap, mint a napév, azért a Hold fényváltozásai, az újhold, holdtölte stb. minden évben 11 nappal előbb állnak be. Minthogy pedig az egyik újholdtól a másikig felváltva 29 és 30 napot számítottak, azért az epakták száma legfeljebb 30 lehetett, s ha a napok száma nagyobb volt, mint 30, újból számíták az epaktákat.

A korszak egyes éveinek epaktái a Juliánféle és Gergelyféle időszámítás szerint különböznek.

Az epakták sora a Julianféle naptár szerint.

A korszak éve	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Epakták	XI	XXII	III	XIV	XXV	VI	XVII	XXVIII	IX	XX
A korszak éve	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Epakták	I	XII	XXIII	IV	XV	XXVI	VII	XVIII	XXIX	

Az epakták sora a Gergelyféle évszámítás szerint a különböző századokban.

A korszak éve vagyis arányszám	500-től 700-ig	1583-től 1700-ig	1700-től 1900-ig
1	VIII	I	0
2	IX	XII	XI
3	0	XXIII	XXII
4	XI	IV	III
5	XXII	XV	XIV
6	III	XXVI	XXV

A körnek éve vagyis aranyszám	500-tól 700-ig	1583-tól 1700-ig	1700-tól 1900-ig
7	XIV	VII	VI
8	XXV	XVIII	XVII
9	VI	XXIX	XXVIII
10	XVII	X	IX
11	XXVIII	XXI	XX
12	IX	II	I
13	XX	XIII	XII
14	I	XXIV	XIII
15	XII	V	IV
16	XXIII	XVI	XV
17	IV	XXVII	XXVI
18	XV	VIII	VII
19	XXVII	XIX	XVIII

E táblázatos kimutatás szerint könnyen kiszámíthatjuk bármely adott évre nézve a Julian- vagy Gergelyféle epakták számát. Pl. 1778-dik évre micsoda epakták illenek? Ez év aranyszáma 12, vagyis az a körszak 12-dik éve, annak az évnek a Julianféle XII, s a Gergelyféle I epakta felel meg.

1865 aranyszáma 4,	Gergelyféle epaktája	III,	Julianféle epaktája	XIV.
1870 " 9,	"	XXVIII,	"	IX.
1872 " 11,	"	XX,	"	I.

Mihelyt valamely évre nézve az epakta meg volt határozva, felváltva csak 30 vagy 29 napot kellett számítani s az újhold napjához még 13 napot hozzáadni, hogy a tavaszi holdtöltének napja megtudassék, mely azonban marczius 21-dike előtt való napra nem eshetett. Ezen holdtöltének napja a *húsvét határa* volt; az, mikor az epakta pl. I. volt april 12-kére, mikor az epakta XXIII volt marczius 21-dikére, mikor az epakta XXIV volt april 19-kére esett.

Az epakták szerint eszközölt számítás helyett az újabb csillagászok, s nevezetesen *Gausz*, a következő szabályt állították fel, mely szerint a húsvét idejét bármely évre nézve kiszámíthatjuk:

»Az illető évszám osztassék fel 4, továbbá 7 és 19 által s jegyeztessék fel a három osztásból eredő maradék; a »19-es« maradékhoz adassék hozzá az 1583 előtti éveket illetőleg 15, az 1583—1699 éveket illetőleg 22, az 1700—1899 éveket illetőleg 23 és az 1900—2099 évekhez 24; az így nyert összeg osztassék fel 30 által, s jegyeztessék fel a »harminczas« maradék is. Azután a »négyes« maradék kétszer, a »hetes« maradék 4-szer, a »harminczas« maradék 6-szor vételessék s e számok összeadatván, még az 1583 évet

megelőző éveket illetőleg 6, az 1583—1699 éveket illetőleg 2, az 1700—1799 éveket illetőleg 3, az 1800—1899 éveket illetőleg 4 s az 1900—2099 éveket illetőleg 5 adassék hozzá, s az így nyert összeg osztassék fel 7 által. Így egy új »hetes« maradékot nyertünk; ezt most a feljebb említett »harminczas« maradékkal kell összeadni s hozzá még 22-öt számítani. Az ekkép nyert összeg mutatja a *marcius azon napját*, melyre a húsvét esik, ha az összeg nagyobb mint 31, akkor vonassék ki belőle 31 s a kivonás után maradt szám azt mutatja, hogy *aprilis hanyadik napjára* esik a húsvét.

Pl. mikor volt 1000-ben a húsvét? a négyes maradék = 0, a hetes maradék = 6, a tizenkilenczes maradék = 12. Ez 19-szer véve = 228, ehhez 15 számíttatván = 243, ez 30 által osztatván, marad 3. Most a négyes maradék = 0 kétszer véve 0, a hetes maradék négyszer véve = 24, a harminczas maradék hatszor véve = 18, tehát $24 + 18 + 6 = 48$. Ez 7 által osztva marad 6, ez + a harminczas maradék = 9, ehhez hozzáadván $22 = 31$, tehát 1000-ben húsvét *marcius 31-dikén* volt.

1871-re nézve, a négyes maradék 3, a hetes maradék 2, a tizenkilenczes maradék 9, a harminczas maradék 14, a második hetes maradék 4, tehát $4 + 14 + 22 = 40 - 31 = 9$, azaz 1871-ben húsvét *ápril 9-kén* volt.

A húsvét szélső határai *marcius 22-dike* és *ápril 25-dike*; sem előbbi, sem későbbi napra a húsvét nem eshetik.

A húsvét ideje szerint változnak a mozgó ünnepek és napok. A húsvét előtti 7-dik vasárnap az utolsó farsang vasárnapja, a húsvét után való 7-dik vasárnap pünkösdi vasárnapja stb.

A Gergelyféle naptár által létesített változások miatt a heti napok kiszámítására más szabályt kell követni, mint az, melyet feljebb a Julianféle naptárra nézve felemlítettünk. E szabály következő:

»A kétszer vett négyes maradékhoz s a négyszer vett hetes maradékhoz még a következő számokat kell az illető hónapok és évek szerint hozzáadni:

Év	jan.	febr.	marcz.	apr.	maj.	jun.	jul.	aug.	szept.	okt.	nov.	decz.
1583 előtti	3	0	0	4	2	6	4	1	5	3	0	5
1583—1699	6	3	3	0	5	2	0	4	1	6	3	1
1700—1799	0	4	4	1	6	3	1	5	2	0	4	2
1800—1899	1	5	5	2	0	4	2	6	3	1	5	3

De szökő évben januárban és februárban mindig egygyel többet kell venni. Az így nyert összeg azután 7 által osztassék, s

az osztásból eredő maradék az illető hónap azon napját mutatja, melyen a hónap első *vasárnapja volt.*»

A Gergely féle javított naptár a katolikus országokban vonakodás nélkül elfogadtatott, hazánkban 1587-ban történt az; de a görög litui országokon kívül a protestáns országok is sokáig ellene voltak. A németországi protestáns rendek valamint a hollandiai, dán és svajeci protestánsok is csak 1700-ban vették be a javított naptárt, úgy hogy az azon évi február 19-dike után mindjárt marczius 1-jét számították. De a húsvét vasárnapját nem az epakták szerint, hanem csillagászati alapon ohajtották megállapítani. Ennek következtében 1721-ben Németországban a húsvétre nézve a katolikusok és protestánsok között eltérés mutatkozik, t. i. a húsvéti holdtölte a csillagászati számítás szerint ápril 8-dikára, az időköri számítás szerint pedig ápril 9-dikére esett. Ez vasárnap volt, tehát a katolikusok ápril 16 dikán ünnepelték a húsvétet, a protestánsok pedig ápril 9-dikén. Hasonló eltérés 1744-ben is volt, a csillagászati számítás szerint a holdtölte marc. 28-dikára esett, marczius 29-dike vasárnap volt, tehát a protestánsok ezen ünnepelék a húsvétet, a cyclicusi számítás szerint a holdtölte márczius 29-dikére esett, tehát a húsvét vasárnapja ápril 5-dikére. Végre 1755 december 13-dikán Nagy Frigyes porosz király közbenjárására a németországi protestánsok elhatározzák, hogy ezentúl a naptárra és húsvéti ünnepekre nézve is a katolikusok szokását fogják követni.

Angliában 1752-ben, Svédországban 1753-ban fogadják el a Gergelyféle naptárt, amott 1752-ben szept. 2-dika után mindjárt szeptember 14-dikét, emitt február 17-dike után marczius 1-jét számították.

Az évszámlálás. A különböző nemzetek az évek számlálásában különböző időpontból indulnak ki, s tehát sokféle *éckorok* (aera) divatoznak. Az *izraeliták* a K. utáni 4-dik század óta az éveket a világteremtés napjától kezdve számlálják, mely, szerintök, 3761-ben október 7-dike (a Julianféle naptár szerint) volt. Éveik különböző nagyságú holdévek, melyeket azonban szökő évek által a napévekkel összeegyeztetnek. Tehát 1872 az izraeliták szerint 563 $\frac{2}{3}$.

A régi *görögök*, mint említettük, az éveket az *Olympiadok* kezdetétől számlálták, melyet K. előtti 775 évi juliusba tettek vala.

Hipparchusz és *Ptolemaeusz* az úgynevezett *Nabonasszer*-féle időszak szerint számítottak, melynek kezdete 747-be esett K. e.

A *Philippiféle korszak* épen 424 egyiptomi (365 napos) évvel később kezdődött.

A régi rómaiak az éveket *Róma építésétől* kezdve számlálták, mely Varro számítása szerint a 753-dik évbe esett K. e.

Az alexandriai keresztyének az évcket a vértanúk vagyis *Diokletian* császár időszakától kezdve számlálták, mely 284-be esett K. u. Ezt a szokást az évek számlálásában az Egyiptomban és Abessziniában élő *Kopt keresztyének* még most is követik.

A görög keresztyének Konstantinápolyban a világ teremtésétől kezdve számítottak, s ezt 5509-diki szept. 1-jére tették K. e. A szerbek, albaniaiak és újgörögök e szokást még most is követik; az oroszok is követték, de 1700-ban felhagytak vele.

A törökök s általában a mohammedánok Mohammednek Mekából Medinába való szökésétől (*Hedsra*) kezdve számlálják az éveket, a szökés éve a szeleukuszi korszak 933-dik s byzantiumi világkorszak 6130-dik évébe esett, vagyis a 622-dik évbe (julius 16.) K. u. Minthogy holdéveket vesznek, azért a folyó 1872-dik év nem 1250-dik, hanem már 1288-dik az ő számításuk szerint.

A keresztyének évszámlálása, melynek kiindulási pontjául Krisztus születése szolgál, K. utáni 532-ben *Dionysius Exiguus* római apát javaslatára hozatott be. Azonban Krisztus születésének éve nem volt biztosan meghatározva, Dionysius azt Róma építtetésének 751-dik évébe tette; de némely egyházi atyák tudósítása szerint Róma építtetésének 752-dik, más történelmi és csillagászati vizsgálódások szerint 749-dik, vagy épen 747-dik évében született Krisztus. Az általános szokás Dionysius megállapítását követi, s nincs is ok, mely miatt attól el kellene térni. Más tekintetben csakugyan van némi zavar. Felteszik, hogy Krisztus december 25-dikén született, tehát 8 nappal később a Krisztus születése ntáni első év kezdődött. Hogyan jelöljük meg azon első év január 1-jét? Krisztus utáni 0 évi, vagy pedig Krisztus utáni 1 évi január 1-jének? Mikor mondjuk, a 19 dik században élünk, azt értjük alatta, 18 teljes évszáz már elmúlt s azontúl is néhány év. A rendszám tehát a sarkszámnál előbbre való egységet fejez ki. De a chronológiában ezt nem követik, abban az 1872-diki év január 1-je azt jelenti, hogy Krisztus születése óta 1871 év elmúlt s az 1872-dik év kezdődik. Ha tehát valamely esemény pl. a Krisztus születése előtti 50-dik évben január 1-jén történt, kerdezhetjük, hány év múlt el azóta, Világos, hogy erre csak azt felelhetjük: 1871 + 50, azaz

1921. E szerint a K. utáni folyó évszámból egy egységet kivonunk s így adjuk össze a Krisztus előtti évszámmal. A csillagászok ettől eltérnek; azt az évet, mely Krisztus születésének éve, 0 évnék, az előtte valót — 1-nek vagy Krisztus előtti 1-nek veszik, tehát a Kr. e. 50-ben jan. 1-jén történt esemény évét a csillagászok így számítják ki: $1872 + 49 = 1921$.

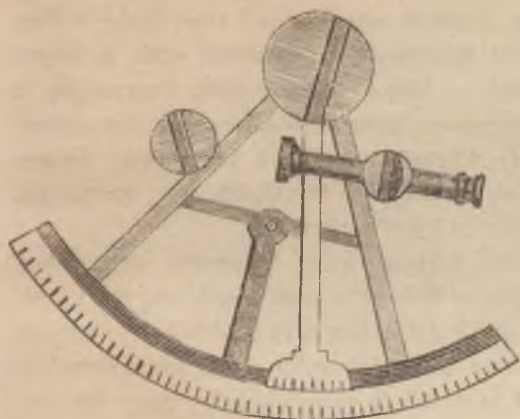
A földrajzi szélesség és hosszúság meghatározása. A földi helyek fekvését, azaz *szélességöket* és *hosszúságukat* az egen tett mérések által határozzuk meg. Az egen az égi testek állásait, egymástól való látszatos távolságaikat mérjük meg, ezekből következtünk azután a földi helyek fekvésére. Az égi körhálózat iveinek megmérésére különböző készülékeket használnak, melyekben kisebb nagyobb távcsövek s fokokra osztott körök vannak alkalmazva, s melyek részint az úgynevezett csillagvizsgáló intézetekben elmozdíthatlanul vannak felállítva, részint ide oda vihetők.

Az utóbbi készülékek közé többi közt az úgynevezett *sextans* tartozik.

Midőn a Földön két iránynak, két vonalnak eltérési különbségét vagyis szögletét akarjuk megmérni, rendesen úgy járunk el, hogy a fokokra osztott körrel felszerelt távcsövet elsőben az egyik, azután a másik irány felé fordítjuk s a körön a fokok számát megolvassuk, mely az egyik és másik irány közötti ív nagyságát mutatja. De az egen két csillagnak ívbeli távolságát nem mérhetjük meg úgy, hogy a távcsövet elsőben az egyik, azután a másik csillagra szegezzük, mert míg azt tehetnők, már mindkét csillag állása megváltozott volna. Hajón különben sem lehetne a távcsövet úgy felállítani, hogy ne mozogjon. Kellett azért oly eszközt kigondolni, melylyel hajón is lehessen észleléseket és méréseket tenni.

A régi időkben használt *asztrolabiumok* és az úgynevezett *keresztbotok* (Jakab botja) segítségével csak igen tökéletlenül lehetett az ívbeli távolságokat vagyis szögleteket megmérni. *Hadley* végre 1731-ben oly készüléket szerkesztett, melylyel hajón is lehetett a szögleteket szabatosan megmérni. Ez a *tükör-oktans* volt, mely azért neveztetett így, mert egy körnek nyolczad ívéből állott. Utóbb úgy szerkeszték, hogy a körnek *hatodivét* foglalja magában s azért most sextans-nak neveztetik. Eredetileg csak a Nap láthatár feletti magasságainak a tengeren való megmérésére volt szánva, most nemcsak a Nap magasságait mérik meg vele, hanem a Hold távolságait is s nemcsak tengeren, hanem szárazföldön is, tehát nem-

csak a földrajzi szélesség, hanem a hosszúság meghatározására is használják.



43. idom.

A sextans alakja körülbelől olyan, mint a 43-dik idom mutatja. Alul egy fokra osztott ív van, a körnek hatodrésze, lehet hosszabb is, melyet két felől egy-egy szár fog be, melyek hossza oly nagy, mint a kör sugara. Az ív felett egy függélyesen álló tükör van alkalmazva úgy, hogy a körív közepén

átmenő tengely körül forgatható legyen s mindenkori állását a köríven egy mutató megjelölje; e tükörrel szemben egy más kisebb üveglap van a körívre szintén függélyesen megerősítve, mely üveglapnak alsó felé meg van foncsorozva, tehát szintén tükör; ez üveg felé egy a körív síkjával egyenközű kis távcső van fordítva. Ha a távcsővön át nézünk, a kisebbik tükör felső, meg nem foncsorozott, tehát átlátszó felén át a távcső irányában fekvő tárgyról jövő fénysugarakat, de egyúttal azokat a fénysugarakat is látjuk, melyek a nagy tükör felől jönnek s a kis tükör alsó fele által visszavetetnek. Ekkép egyszerre két tárgyat pillanthatunk meg a távcsőben. Az egyik tárgyat a kis tükör felső felén át közvetlenül, a másikat pedig közvetve látjuk úgy, hogy sugarait a nagy tükör fogja fel s a kis tükörrre, ez meg a távcsőbe veti. Midőn a nagy tükört forgatjuk s a készülék többi részeit nyugton hagyjuk, a kettős tükröztetés következtén látott tárgy folytonosan változik. Ha a két tárgy, t. i. a közvetlenül és közvetve látott tárgyak messzire esnek, a feléjük fordított két irány két akkora szögletet képez, mint a két tükör egymáshoz való fekvése. Ha tehát, miután a nagy tükör kellő forgatása következtében pl. két csillag képei a távcsőben összeesnek, a fokra osztott körön megnézzük, hogy mekkora szögletet képez egymással a két tükör, azt csak kétszer kell vennünk s megtaláljuk a két csillag ívbéli távolságát.

Hajdan, mint említettük, csak tengeren s a Nap magasságának meghatározására használták Hadley ezen készülékét; ott az egyik tükör a Nap képét tükrözteti vissza, a másik pedig a tenger felületének láthatári síkját. A középső szár szolgál arra, hogy a Nap képe a tenger láthatárával összeessék, a szemlélő csak a tenger láthatárára szegezi szemét. — Mikor szárazföldön használják a készüléket, a tenger természetes láthatárát *mesterséges láthatárral* kell pótolni. Erre bármely tükröződő folyadék szolgálhat, de leginkább kénesezt használnak. Octanssal legfeljebb 9° , sextanssal pedig 120 foknyi szögleteket is lehet megmérni.

Legjobb az égi testek helyeit akkor határozni meg, mikor sem a láthatár síkjához, sem a délkörhöz nem esnek nagyon közel. A láthatár közelében a légkör általában a különböző gőzök miatt tisztátalanabb s azért a látás bizonytalanabb. De a sugártörés is a láthatár közelében sokkal nagyobb és változóbb, úgy hogy azt pontosan meg sem lehet határozni. A fénysugarak általában a légkörben megtörnek, azaz eredeti irányuktól eltéríttetnek, meghajlítatnak, szemünk pedig minden tárgyat abban az irányban lát, a mely irányból annak fénysugarai beléje esnek. A fénysugarak azon *légköri megtörése* miatt a csillagok rendesen nagyobb magasságban látszanak, mint valóban állanak. Azért mindig bizonyos értéket le kell vonni az észlelt magasságból. A levonandó érték, mint a követvetkező egybeállításból kitetszik, annál nagyobb, minél kisebb az észlelt magasság, azaz, minél közelebb esik az észlelt tárgy a láthatárhoz.

Észlelt magasság	A sugártörés nagysága	Észlelt magasság	A sugártörés nagysága
90°	$0' \ 0''$	45°	$0' \ 58''$
85	> 5	40	1 9
80	> 10	35	1 23
75	> 16	30	1 40
70	> 21	25	2 4
65	> 27	20	2 38
60	> 33	15	3 33
55	> 41	10	5 16
50	> 49	5	9 47
		0	34 54

A láthatár fölötti 0° — 15° magasságban a fénysugár törése, mint látjuk, igen tetemes, s oly ingadozó, hogy pontosan meg sem határozható.

A csillagok fekvésének meghatározására továbbá az úgynevezett *theodolit* szolgál. Ez már mesterségesebb készülék, mely arra való, hogy bármely ismeretlen helyen magunkat annak fekvése iránt tájékozthassuk. Segítségével különösen a csillagok *azimutját* és *magasságát* határozhatjuk meg. Lényeges alkotó részei: egy *vízszintes fekvő* s az állványhoz megerősített *függélyes tengely* körül mozogható, fokokra osztott *kör*; továbbá egy más, szintén fokokra osztott, de *tetőlegesen fekvő* és *vízszintes tengely* körül mozogható *kör*; egy *távcső*, mely a tetőleges kör vízszintes tengelyéhez van erősítve s e körül mozoghat, úgy azomban, hogy a távcső és tetőleges kör kölcsönös állása nem változik. A theodolit többi részei apróbb távcsövek, vízmérleg stb. Az állvány felett alkalmazott alsó vízszintes kör, az úgynevezett *alhidade*, leginkább arra szolgál, hogy a felső tetőleges kör és távcső tengelyének tökéletesen vízszintes állást lehessen adni, s azt meg is határozni. A theodolit távcsövét tehát azon szerkezetnél fogva a láthatárnak bármely irányába s egyszersmind a tetőkörök irányában is bármely magasságra fordíthatjuk. Az alkalmazott mutatók pontosan mutatják mind a vízszintes mind a tetőleges körön a fokok és fokrészek mennyiségét. Ily készülék mind nappal mind éjjel használható, s utazáson is magunkkal vihetjük.

Theodolit segítségével többi közt a *délvonal*t és *délkört* is meghatározhatjuk nagy pontossággal. El végre vagy a Napnak, vagy valamely csillagoknak állásait figyeljük meg. Ha a Napot akarjuk megfigyelni, a készülék távcsövét bizonyos idővel pl. 1 vagy 2 órával a delelése előtt irányozzuk a Napra, úgy hogy tányérának felső széle éppen a távcső keresztszámainak középpontjába essék, s megjegyezzük a vízszintes körön, micsoda fokra esik ezen iránynak tetőleges síkja. Most a tetőleges kört és távcsövet a *láthatári sík felé* ugyanazon helyzetben hagyjuk, de a vízszintes kört a tetőleges körrel és távcsővel együtt a tetőleges tengely körül nyugat felé fordítjuk annyira, hogy délután, azaz a Nap delelése után ugyanannyi idővel, pl. tehát 1 vagy 2 órával, a Nap ismét a távcsőben látható legyen, s most azt a pillanatot várjuk be, melyben a Nap legfelső széle megint a távcső középpontjában mutatkozik. Ekkor megint megnézzük a vízszintes körön, mennyi fokot mutat ezen második irány tetőleges síkja. Így megkapjuk a két irány szögletét, s ha ezt felezzük, a felezési vonalba eső tetőleges sík a délkör síkja. Tegyük, hogy a délelőtti észlelés iránya 150, a délutáni 228 fokot eredmé-

nyezett, akkor a délköri sík a 189-dik fokra esik, s tehát a táveső s tetőleges síkja a délkörbe fog esni, ha a vízszintes kört úgy állítjuk, hogy fokmutatója 189-en álljon.

Ámde a Napnak délelőtti és délutáni megfelelő állásaiból a délkört pontosan csak akkor lehet meghatározni, ha téli vagy nyári napfordulatkor tesszük az észlelést. Azért czélszerűbb, hogy e végett valamely csillagnak delelés előtti és utáni állásait figyeljük meg ekkép. Meg levén határozva a délkör iránya, ezt vagy már meglevő jel, pl. toronyesücs, falszöglet stb., vagy e célra külön felállított póznák által jelölhetjük meg, hogy mindig tudhassuk, merre vonúl a délkör és délvonal iránya, s ehhez képest aztán a többi világtájakat is könnyen meghatározhatjuk.

A csillagvizsgáló intézetekben külön, rendesen igen nagy táveső úgy van szilárdan s mozdíthatlanul felállítva, hogy tengelyének síkja épen a délkör síkjába essék, és csakis ezen síkban mozogtható. Az így felállított távesövet különösen *délküri távesőnek* vagy *átvonulási készüléknek* (Mittagsrohr, Passageninstrument) nevezik; az utóbbi nevét onnan kapta, mivel általa lesik meg az időt, melyben a Nap vagy a csillagok a délkörbe jutnak, tehát a táveső előtt délben vagy éjfélkor elvonulnak. E táveső segítségével különösen a csillagok *egyenese emelkedését* és *elhajlását* határozzák meg. — Más táveső-készülék a csillagvizsgáló intézetekben úgy van felállítva, hogy az egyenlítő és világtengely fekvését mutassa, melynek segítségével különösen a csillagok *elhajlását* és *óraszögletet* lehet meghatározni. Az ily készüléket *egyenlítői készüléknek* nevezik. Ha a táveső egy a világtengelylyel egyenközű tengely körül mozogható s vele órákészülék van összekapcsolva, mely azt így mozgatja keletről nyugatra mint az égi testek a Föld forgásánál fogva mozognak, akkor a Napot, Holdat vagy bármely csillagot a táveső folytonosan kísérheti járásában. Ily mozgó táveső segítségével a Napot, Holdat stb. lefényképezni is lehet.

Mily tökéletesek most már különösen a szögletmérő eszközök, kitészik abból, hogy most már az ívmásodperczekek *századrészeit* is képesek megmérni; 25 év előtt az ívmásodperczekeknek még csak tizedrészeit, a múlt század közepén még csak az egész másodperczekeket tudták megmérni. Hajdan az *ívmperczekeket* sem mérhették meg.

Ezeknek előreboesátása után lássuk már, mikép lehet valamely földi helynek *földrajzi szélességét* meghatározni? Tudjuk, hogy minden helynek földrajzi szélessége egyenlő az ő sarkmagasságával. Mert a mint egy foknyi utat a Földön *dél* felé teszünk, az ég éjszaki sarkpontjának láthatár feletti magassága éppen egy fokkal alább száll, s ha ellenkezőleg egy foknyi utat *éjszak* felé utazunk, a sarkpont magassága is egy fokkal emelkedik. Az egyenlítő alatt a sarkpont éppen a láthatáron van, tehát semmi magassága sincs, a sark alatt pedig az ég sarkpontja éppen a tetőpontban áll, tehát magassága 90 fok, s az egyenlítő esik a láthatár síkjába. E szerint valamely hely földrajzi szélességének meghatározására csak az volna szükséges, hogy az éjszaki félgömbön az éjszaki, a déli félgömbön pedig a déli sarkpont magasságát észleljük és határozzuk meg. Azonban a déli félgömbön az ég sarkpontját éppen semmi felőlő csillag sem jelöli meg, s az éjszaki félgömbön is az úgynevezett Sarkesillag körülbelül $1\frac{1}{2}$ foknyira esik a valóságos sarkponttól, ez pedig majdnem oly távolság, mint a melyet az egen a Napnak egymás mellé helyezett hármas tányéra fedne el. Azért ha a Sarkesillag állása szerint akarjuk a földrajzi szélességet meghatározni, meg kell figyelniünk, mikor áll a felső, s azután mikor áll az alsó delelési pontjában. Mindkét megfigyeléskor meg kell jegyeznünk a szöglet nagyságát, melyet a feléje irányzott vonal a láthatár síkjával képez. A kétféle szöglet nagyságát össze kell adni, s az összeget felezni, s így kapjuk meg a sarkpont valóságos magasságát. Németországi *Freiburg* városban pl. azt találták, hogy a Sarkesillag magassága alsó delelésekor $46^{\circ} 32'$, felső delelésekor pedig $49^{\circ} 28'$ tett, tehát *Freiburgban* a valóságos sarkmagasság vagyis földrajzi szélessége $= 48^{\circ}$.

A sarkesillagon kívül bármely más csillagot használhatunk a szélesség meghatározására, magát a Napot és Holdat is választhatjuk e végre. Ha ezeknek vagy bármely csillagnak láthatár feletti magasságát bizonyos napon és órában észleltük és meghatároztuk, akkor még azoknak *elhajlását* is számba kell vennünk, s a mint az vagy déli vagy éjszaki, a szerint az észlelt magasságból ki kell azt vonni, vagy pedig hozzáadni, hogy megtudhassuk, mily magassága van az egyenlítő azon pontjának, mely a délkörbe esik, vagyis mekkora szögletet képez az egyenlítő síkja a láthatár síkjával. A csillagok elhajlását táblás kimutatásokban kereshetjük ki, a Nap és Hold elhajlása is minden egyes napra és órára ki van számítva és

táblázatos kimutatásokban egybeállítva. A csillagok magasságát legjobb akkor észlelni, mikor a délkörben vannak, azaz épen delelnek.

Pl. tegyük, hogy Pesten valamely csillag magassága épen delelésekor $48^{\circ} 50'$ tesz, s hogy ezen csillag éjszaki elhajlása $6^{\circ} 20'$, akkor ezt a talált magasságból kivonván marad $42^{\circ} 30'$, tehát ez a pesti láthatáron az egyenlítő magassága, ez pedig egyenlő a sarkpont tetőponttól való távolságával, a sarkpont magasságát 90 fokra egészíti ki, tehát a sark magassága Pesten $47^{\circ} 30'$, s ez Pestnek földrajzi szélessége.

Egy szóval, minden földi helynek sarkmagasságát, illetőleg földrajzi szélességét az égi testeknek láthatár feletti magasságából, vagyis a tetőponttól való távolságából tudhatjuk meg, tehát csak ezt kell meghatározni. Erre pedig alkalmas eszközök a sextans és theodolit.

Hajón a szélesség meghatározására rendszeren a delelő Nap és Hold magasságát figyelik meg. Tegyük, hogy hajón észlelve úgy találták, hogy a Nap magassága a láthatár déli pontja felett 59° , tehát tetőponttól való távolsága 51° , s tegyük, hogy az napon a »Nautical Almanac« szerint a Nap déli elhajlása 10° , akkor ezt le kell vonni az 51 -ből, s így a hajó helyének éjszaki szélessége 41° .

A csillagok magasságát csak fokokra osztott kör segítségével mérhetjük meg, mert ezt azon szöglet mutatja, melyet a csillagok illető tetőkörének íve a láthatár síkjáig befog. Ha ezt a szögletet alkalmas készülék hiánya miatt nem mérhetjük meg, más eljárást is követhetünk a szélesség meghatározásánál.

Tudjuk, hogy oly helyeken, melyek az egyenlítő és sark között fekszenek, az éggömbnek ferde állása van, vagyis hogy a csillagok látszatos pályáinak fekvése a láthatár síkjára ferdén esik. Ennél fogva mindazon csillagok, melyek az éjszaki félgömbön a sark és a keleti pontot a nyugatival összekapcsoló első tetőkör között vannak, mindig az ezen tetőkörtől éjszakra eső félgömbön maradnak. A sarktól távolabb eső csillagok pedig átlépnek az első tetőkörön s pályáiknak kisebb nagyobb részét azon kör déli oldalán futják meg. Minél kisebb az ív, melyet a csillagok az első tetőkör déli oldalán megfutnak, annál rövidebb idő alatt teszik meg azt s annál közelebb mennek el a tetőpont mellett. Ha tehát a theodolitot úgy állítjuk fel, hogy a táveső az első tetőkör irányát követheti, akkor meghatározhatjuk az *időt*, melyben valamely csillag, mely az első tetőkör déli oldalára is átlép, a tetőponttól keletre és nyugatra

azon tetőkörön átvonul, s az időkülönbségből számíthatjuk ki, mekkora volt a csillag legnagyobb közeledése a tetőponthoz. Ha azután a csillag elhajlását vagy pedig a sarktól való távolságát ismerjük, akkor fekvését, illetőleg magasságát is meghatározhatjuk. Ez eljárásnál tehát földolog csak az, hogy az időt határozzuk meg pontosan, melyben a csillag a keleti és nyugati oldalon az első tetőkörön átvonúlt.

A régiek a *gnomon* vagyis napmutató, tulajdonkép a Nap árnyékát mutató oszlop segítségével határozták meg a Nap magasságát s a helyek földrajzi szélességét. A figyeléseket a nap-éjegylenlőségek idején tették, mikor a Nap az egyenlítő síkjában mozog. Egyenlő hosszú oszlop délben a Napnak a különböző helyeken való magassága szerint különböző hosszúságú árnyékot vet, s az árnyék aránylagos hosszából lehet a helyek szélességét kiszámítani. Ámde ha az árnyék csúcsa felől az oszlop csúcsán át a Nap felé egyenes vonalt húzunk, ez nem a Nap középpontját, hanem felső szélét érinti, tehát a *gnomon* segítségével talált magassági szöglet mindig körülbelül 16 percczel *nagyobb*, mint lennie kellene, mert emyit tesz a Nap félátmérője, s azért a régiek által tett legjobb szélességi meghatározások is 16 percczel *kisebbre* tétettek, mint kellett volna.

A *földrajzi hosszúság* meghatározása általában véve nagyobb nehézséggel jár, mint a szélességé. Igaz, arra nézve csak az szükséges, hogy a megfigyelésre alkalmas égi jelenségek beállásának ideje határozottassék meg a különböző földi helyeken. Az égi jelenségek egy pillanatban állnak be, tehát a különböző helyeken megfigyelt beállásuk idejének hely szerinti különbsége azt mutatja, hogy micsoda hosszúságbeli különbség van az illető helyek között. Legyen pl. holdfogyatkozás, mely mind Lipcsében mind Párisban megfigyeltetik. Ha úgy találjuk, hogy holdfogyatkozáskor az árnyék kúpja a Hold tányérának középpontját Lipcsében 11 órakor 16 perczkor és 35 másodperczkor, Párisban pedig 10 órakor 36 perczkor 28 másodperczkor érte, ebből következtethetjük, hogy Lipcsében $40' 7''$ -cel előbb van dél mint Párisban, hogy tehát a lipcsei délkör keletre esik a párisitól. Minthogy pedig 1 idő-másodpercz $= 15$ ívbeli másodpercz s 1 időpercz $= 15$ ívbeli percz, tehát az említett időkülönbség $10^{\circ} 1' 45''$ ívet jelent, vagyis azt jelenti, hogy Lipcse délköre Páris délkörétől $10^{\circ} 1' 45''$ -nyire s Ferrótól $1^{\circ} 30' 1' 45''$ -nyire keletre esik.

E szerint ismervén egyik helynek hosszúságát, bármely más helynek hosszúságát meghatározhatjuk, ha kipuhatoljuk, mennyivel különbözik azon helynek ideje az előbbi hely idejétől. De éppen a *valóságos időkülömbőség* pontos kipuhatolása nem könnyű dolog.

Először is az illető helyek délköri síkjának fekvését kell szabatosan meghatároznunk. A délköri sík a hely súlyirányán és a világtengelyen megy keresztül. A súlyirányt bárhol könnyen megtalálhatjuk; de a világtengely irányát az egyes helyekre nézve csak ismételt megfigyelések által határozhatjuk meg kellő szabátossággal. Ha azután a helyek délköri síkjának fekvése meg van határozva, oly égi vagy földi jelenségek és tűnemények szükségesei, melyek a különböző helyeken egyszerre, egyazon pillanatban láthatók, mert csak így tudhatjuk meg, micsoda távolságra esnek egymástól az észlelési helyek délkörcei. A megfigyelésre alkalmas égi jelenségek a már megemlített *holdfogyatkozásokon* kívül, melyek elég ritkák, a *Merkur és Venusz elvonulásai* a Nap tányéra előtt, a *bolygók vagy állócsillagok elfedései* a Hold által, *Jupiter holdjainak fogyatkozásai* stb. De mindez égi jelenségek beállításának, lefolyásának és végződésének időmozzanatit a most már annyira tökéletesített eszközök által sem lehet még tökéletes biztossággal megfigyelni. A holdfogyatkozások még legjobban s legkönnyebben figyelhetők meg, de 19 év alatt átlag véve csak 29 holdfogyatkozás van. A Venusz elvonulásai még sokkal ritkébbak. Ellenben Jupiter holdjai felváltva csaknem mindennap mutatnak fogyatkozást. Pusztá szemmel ugyan nem láthatni azokat, de már közönséges távcsővel is megfigyelhetjük, feltéve, hogy Jupiter általában látható. A főbb csillagvizsgáló intézetek naptáráiban pl. az angol *hajózási naptárban* (Nautical Almanac) Jupiter holdjai fogyatkozásainak ideje ki van téve az illető intézet helybeli ideje szerint, ha tehát valaki bárhol és bármely napon ily holdfogyatkozást megfigyel, megtudhatja, az észlelési helynek ideje mennyivel különbözik pl. a greenwichi observatorium idejétől.

A földrajzi hosszúság meghatározására továbbá a Holdnak és bizonyos állócsillagoknak kölcsönös állásai szolgálnak. Pl. hajón sextans segítségével megfigyelik a Hold középpontjának távolságát valamely fényes állócsillagtól, vagy a Naptól, — a Holdnak úgynevezett *távolságait*; — vagy megfigyelik az időt, melyben a Hold mögött valamely állócsillag eltűnik — a csillagok *elfedéseit*

(occultatio) — ; vagy megfigyelik az időt, melyben a Hold s előtte és utána más csillagok delelnek — a Hold *deleléseit*. — Mindezen megfigyeléseknél tulajdonkép a Hold látszatos távolsága más csillagoktól határoztatik meg. Minthogy a Hold aránylag közel esik a Földhöz, azért a középpontja felé szemtünkből fordított vonal iránya telemesen változik valahányszor álláspontunk a Földön változik, s azért a különböző helyeken szemlélők más meg más helyen látják a Holdat a csillagok között. Tehát a Holdnak megfigyelt különböző állásaiból ki lehet számítani a különböző szemlélők helyeinek kölcsönös fekvését. A greenwichi observatorium által kiadott nautical »almanac«-ban közölve vannak azon helyek, állások, melyekben a Hold a Föld középpontjából tekintve látszanék, még pedig három óráról három órára; a vizsgáló pedig az ő figyeléséből azt határozhatja meg, hogy hol látszanék az illető időpillanatban a Hold a Föld középpontjából tekintve s így az e pillanatnak megfelelő greenwichi időt is meghatározhatja.

A csillagos ég, *Herschel János* szerint, a világra számlapjának tekinthető, a csillagok rajta az órák és perczek jelei, a Hold pedig a mutató. Ámde ez sokkal közelebb esik hozzánk, mint az óra számlapja, és csak akkor tudnók pontosan, micsoda óraszámra mutat a Hold, ha a Föld középpontjából nézhetnők. Ezt nem tehetjük, de az észlelések közvetlen eredményeit kellő számítások által kiigazíthatjuk, t. i. a Hold parrallaxisát is számba kell venni. Csak a 18. század közepe óta sikerült a Hold valóságos mozgását meghatározni s tehát helyeit előre is kiszámítani, a Hold parallaxisát, a fényugár törésének és aberratiójának befolyását számba venni, és csak azóta lehetett biztosan a Hold távolságaiból, elfedéseiből stb. a földi helyek hosszúságát meghatározni.

Ha azon helyek, melyeknek időkülönbségét meg akarják határozni, nincsenek egymástól igen nagy távolságra, *mesterséges tűzjeleket* is használnak, melyek az illető helyeken egy pillanatban láthatók. Pl. sötét éjszaka izzó bombákat, vagy röppentyüket eresztenek fel, vagy löport gyujtanak meg. *Gausz* az úgynevezett *heliotropot* (napfordítót) alkalmazta; ez oly készülék, mely által a napfény veretik vissza; a pillanatnyi napfény-visszaveretések húsz mérfolyire is láthatók.

Legkényelmesebb eszköz az időkülönbség s így a hosszúság meghatározására, kivált tengeren, a jól járó órák, az úgynevezett *chronometerek*, melyekről feljebb volt szó. A *chronometerek* vala-

mely csillagvizsgáló intézet ideje szerint, pl. a greenwichi, párisi stb. idő szerint vannak igazítva; az utas magával viszi s útközben sohasem igazítja. Tehát csak az illető helyen, melynek hosszúságát meg akarja határozni, a helybeli időt kell kipubatolnia, pl. a Nap delelésének megfigyelése által, s az így talált helybeli időt a chronometer által mutatott idővel összehasonlítani, s azonnal megtudja mennyivel különbözik az illető hely ideje pl. a greenwichi vagy párisi időtől. Ez eljárásnál tehát nem kell hosszas számítás, mely az égi jelenségek megfigyelésénél rendszeren megkívántatik. Azért a chronometerek a legkényelmesebb s egyszersmind legjobb eszközök volnának a hosszúság meghatározására, ha sikerülne azokat oly tökéletességgel készíteni, hogy mindig egyenlően és helyesen járnának. De mindeddig ez még nem sikerült. Azért rendszeren több chronometert visznek magokkal a hajósok, hogy járásaikat összehasonlíthassák. Így pl. 1824-ben Altona, Helgoland és Brema hosszúságát a greenwichi observatoriumtól 35 chronometerrel határozzák meg, melyekkel hatszor ismételték az utazást a tengeren ide oda. 1843-ban a Pétervára mellett levő Pulkava observatorium hosszúságát a greenwichi observatoriumtól 68 igen jeles chronometerrel határozták meg.

Most azonban nem érik be többé azon módokkal, melyeket eddigelé fellelítettünk; mert a leggondosabb eljárás és legpontosabb számítások mellett is hibák esúsznak be s a másodpercek részeit alig lehet meghatározni. A *villanydelejes táviró készülék* végre oly eszközt szolgáltat, melynek segítségével a hosszúság egy ívbéli másodperc század részéig határozható meg. Némely számítások szerint a villanyfolyam egy időmásodperc alatt 60,000 földnyit utat fut meg a sodronyon. E szerint a táviró által adott jel egy pillanat alatt érkezik egyik helyről a másikra. Tettleg azonban még sincs egészen úgy. A villanyfolyamnak mégis van bizonyos időre szüksége, hogy a sodronyokon végig fusson: a villanymágnes sem válik rögtön delejessé s a horgonyt sem húzza rögtön magához. Azt az időt, mely a jeladás pillanatától a jel megjelenéséig elmúlik, közvetlenül nem lehet meghatározni. Közvetve úgy határozhatjuk meg, ha nemcsak egyszer egy helyről a másikra, hanem innen oda vissza is üzentünk a távirón. Tegyük, hogy *A* hely keletre esik *B* helytől, tehát az *A* helyről jelentett idő előbbre van, mint a *B* hely ideje; az *A* helyről adott jel valamivel később érkezik *B*-be, mint adatott, s a jelentett idő meg a *B*-hely ideje közötti

külömbőség az átszállítás tartásának idejével *kisebb*, mint a két hely valóságos időkülömbősége. Most vissza felé adatik a jel, *B* helyről *A* helyre jelentetik az idő; a *B* helyről jelentett idő természetesen a jeladás pillanatában hátrább van *A* hely idejénél, s minthogy a jel érkezése alatt is bizonyos idő elműlik, *A* hely ideje a jel érkezésének pillanatában még valamivel előbbre haladt s tehát a különbség a *B* helyről jelentett idő és *A* hely ideje között a jel érkezésének pillanatában valamivel *nagyobb*, mint a két hely valóságos időkülömbősége. E szerint az észlelt időkülömbőség az első esetben valamivel kisebb, a másik esetben pedig valamivel nagyobb, mint a két hely valóságos időkülömbősége, s a kétféle időkülömbőség közep eredménye adja a valóságos időkülömbőséget.

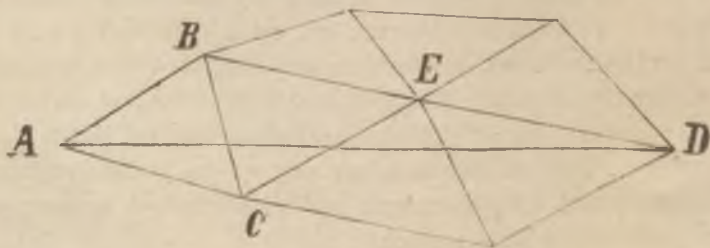
De még abban lehetne kétség, vajjon az *A* és *B* helyről adott jel átszállítása tökéletesen egyforma-e? A sodronyok ugyan egyazok, de a két helyen működő készülékek, noha egyenlőn vannak szerkesztve, mégsem működnek tökéletesen egyformán; a vas, a vasat körülvevő sodronytekervények, a horgonyok távolsága stb. különbözhetnek. Ha tehát az ez által támadható hibákat is ki akarjuk kerülni, a két hely készülékeit ki kell eszerélnünk s a jelezést ismételnünk. Ámde még akkor is becsúsztatik valami hiba. Ha két ember ugyanazt a hangot hallja, mindkettő nem eszmél rá tökéletesen ugyanazon pillanatban, még akkor sem, ha mindkettő tökéletesen egyenlő távolságról fülel a hangra. Még a látás tünetményeit sem veszi két ember tökéletesen egyazon pillanatban észre. Kísérletek által meggyőződtek arról, hogy a hallási és látási érzékek benyomásának és felfogásának ideje különböző személyeknél egy idő másodpercze több tizedrészével különbözik. Sőt ugyanazon embernél a szem és fül felfogása az idő pillanatára nézve különbözik. E jelenséget »személyes egyenlet«-nek nevezik; másodperczek részében fejezik ki úgy, hogy megmondják- a másodpercznek hanyad részével fogja fel hamarabb egyik ember mint a másik a hallás vagy látás tünetményeit. Ha ezt a különbséget is ki akarják kerülni, nemesak a készülékeket, hanem az észlelő embereket is kieszerélik a két hely között. Végre a készülékeket az idő legkisebb részeinek megmérhetésére szükséges órákkal látták el, s így sikerült a földrajzi hosszúságban még az $\frac{1}{100}$ másodperczig való különbségeket is meghatározni, mely különbségek egyenes vonalban csak egykét lábat tesznek.

A távirói készülékeket egymástól tengerek által elválasztott

helyek hosszúságának meghatározására is lehet használni, miután távirói vonalokat a tengereken keresztül is raktak. Azomban még csak Europa fő observatoriumainak kölcsönös fekvése van oly tökéletességgel meghatározva.

Föld- vagyis térmérés. A földtelkek nagysága kimérésének mestersége alkalmasint oly régi, mint az egyéni birtok. Bizonyos, hogy a régi egyiptomiak a földtelkek felmérésében már nagyon ügyesek voltak; ők alapíták meg és fejték ki a sík mértant s a görögök náluk tették tanulmányaikat. T. i. Egyiptomban a Nilus áradásai évenként úgy sodorták el a telkek határjeleit, hogy a kormány által kirendelt földmérőknek minden áradás után újból kellett azokat felmérniök s a telekkönyv szerint az egyes birtokosoknak kiosztaniok.

A nem igen nagy távolságokat, területeket a Föld felületén közvetlenül szokták megmérni mérték-szalaggal, lánczczal, stb., melynek hossza meg van határozva bizonyos mértékegységek szerint. De az aránylag csekély kiterjedéseket sem mérhetik meg ekkép mindig és mindenütt, nagy távolságokat pedig általában bajos közvetlenül és valósággal felmérni. Ily esetekben a mértan elvei szerint a *háromszögmérést*, *háromszögellést* (triangulatio) alkalmazuk. Ez a következő eljáráson alapszik: Lehetős sík földön, mezőn, vagy országuton bizonyos hosszúságú egyenes vonalt mérünk meg, mely, minthogy a további méréseknek és kiszámításoknak alapjául szolgál, *alapravnak* (Basis) neveztetik. Ez alapvonal két szélső pontjából egy távoleső felelő pontra (hegycsúcsra, toronycsúcsra, mesterséges mérőjelre, gúlára) szegezünk szögmérővel összekapcsolt távcsövtünkkel s megjegyezzük a szöglet nagyságát, melyet az alapvonal egyik és másik szélső pontjáról a távoleső pont felé irányzott látvonalok az alapvonallal képeznek. A megmért alapvonalt és a két szögletet azután kisebbitett mértékben a papíron lerajzolhatjuk.



Legyen AB a megmért alapvonal, s hossza a természetben tegyen 4000 lábat, az A szöglet, úgy találtuk, 42° , a B melletti szöglet pedig 70° , tehát a papíron is az alapvonal két végén szög-átvivő segítségével épen akkora szögleteket képeztünk s a szárat addig nyújtjuk meg, míg a természetben kitűzött iránypontot képviselő C pontban találkoznak. Így egy háromszöget nyerünk, s ha AB alapvonal hosszát ismerjük, a kisebbitett mérték szerint ezírkalommal is megmérhetjük AC és BC vonalak hosszát. A mennyivel a lerajzolt háromszögben egyik vagy másik vonal hosszabb vagy rövidebb mint az alapvonal, annyival hosszabb vagy rövidebb a természetben, a természetes mérték szerint is. De nem is szükséges, hogy AC és BC vonalokat ezírkalommal mérjük meg, hosszúságukat sokkal pontosabban kiszámíthatjuk, ha az alapvonal hosszát és két szöglet nagyságát ismerjük. (Lásd a 12. lapot). Még tovább is mehetünk, t. i. az első háromszög mindkét szára új alapvonalokul szolgálhat, melyeknek végpontjairól ismét távolabb eső pontok felé irányozzuk a távesövet.

Ezt, mint a 44. idom mutatja csak BC oldallal tettük s ennek két végpontjáról E pontra irányoztuk a távesövet (visiroztunk). Így egy új háromszöget nyertünk, melynek BE és CE szárai megint új alapvonalokul szolgálhatnak. Ekkép folytatva a munkálatot a háromszög-hálózatot oly nagy távolságra és területre terjeszthetjük ki, a milyenre tetszik. S így a kitűzött utolsó iránypontot is elérjük. Az egész működés fő feladata abban áll, hogy az első alapvonal hossza minél tökéletesebben méressék fel, s hogy a szögletek nagysága is mindenütt minél szabatosabban határozassék meg. A többi teendő csak egyszerű számtani feladat. De ha az alapvonal megmérésében vagy a szögletek nagyságának meghatározásában bár csekély hibát követünk is el, azonnal az egész számítás, tehát az egész felmérés hibás lesz. Nemesak a háromszögek oldalainak hosszát, hanem a háromszögek területének nagyságát s az oldalaikon keresztül vont egyenes vonal, pl. az idomban látható AD vonal, hosszát is pontosan kiszámíthatjuk. Tehát háromszög-mérés által egész ország kiterjedését egyik és másik irányban s egész területének nagyságát is kiszámíthatjuk. A háromszög-mérést 1615-ben *Snellius* németalföldi mérnök találá fel és alkalmazá legelőször. Azelőtt mindent közvetlenül mértek meg.

Fokmérés. A háromszögelés nemesak egyes országoknak, hanem az egész Föld kerekiségének megmérésére is használtatik.

A háromszög- hálózatot ugyan nem terjeszthetjük ki az egész Földre, de az nemis szükséges, csak bizonyos nagyságú, pl. egy, két stb. foknyi ivnek hosszát kell megmérnünk, s azután az egész Föld területét könnyen kiszámíthatjuk. Ha a Föld tökéletes gömb volna, csak egy foknak nagyságát kellene ismernünk, s pontosan kiszámíthatnók a Föld nagyságát. De épen a különböző vidékeken végrehajtott fokmérésekből kitűnt, hogy a fokok nagysága nem egyenlő, hogy tehát a Föld nem tökéletes gömb.

Már a régi görög bölcsek tanították, hogy a Földnek gömbölyü alakja van, hogy az nagy gömb. Mihelyt ezen nézet lábra kapott, arról is gondolkodhattak, hogy mikép lehetne nagyságát megtudni. Az első, ki e gondolatot valósította s az első fokmérést megtette, *Eratoszthenész*, Alexandriában élő görög tudós volt. (276—196 K. e.). Azt tapasztalta volt, hogy a Nap Egyiptom déli határszélén *Szyene* városban (most: Asszuán), midőn a rákjegy fordulóban volt, délben épen a tetőpontban áll, s egy kútba függőlegesen süt, tehát árnyékot nem vet. Ugyanakkor a Nap Alexandria városban deleléskor árnyékot vetett, melynek hosszából Eratoszthenész azt következteté, hogy Alexandria Syenétől a Föld körületének $\frac{1}{50}$ részével egyenlő távolságra esik. T. i. egy úgynevezett szkaphiont vagyis vájt féltékét készítet, ennek középpontjába egy függőlegesen álló szeget szúra be, mely épen oly hosszú volt, mint a félteke átmérője. Ezt a készüléket úgy állítá fel, hogy nyílása felfelé volt s a szeg egészen függőlegesen állt a láthatár síkján. Szyenében a szkaphium szöge a nyári napfordulatkor délben semmi árnyékot sem vetett, mert a Nap függőlegesen állott, Alexandriában pedig ugyancsak napfordulatkor és délben oly árnyékot vetett, melynek hossza a szkaphium körületének 50-dik részét tette. Miután a szög oly hosszú volt, mint a szkaphium körületének sugara, azért következtette Eratoszthenész, hogy Alexandria Szyenétől a Föld körületének $\frac{1}{50}$ -részével vagyis 7 fokkal 12 percczel éjszakra esik. Alexandria azonban nem fekszik ugyanazon délkör alatt mint Szyene, s nem tudjuk, vajon Eratoszthenész megtudta-e határozni, micsoda hosszúságbeli különbség van a két város között. Csak az eredményt ismerjük, melyre jutott, t. i. hogy a 7 foknyi 12 percznyi ív hossza Szyene és Alexandria között 5000 stadiumot tesz, s hogy e szerint a Föld körületének nagysága $50 \times 5000 = 250,000$ stadium.

*) Alexandria az éjszaki szélesség $31^{\circ} 13'$, Asszuán pedig $24^{\circ} 6'$ alatt fekszik, tehát az igazi különbség $7^{\circ} 7'$. Hipparchusz, ki mintegy 100 évvel később

Eratoszthenesz ezen első fokmérési kísérletét többnyire fitymálják, mert, úgy mondják, a távolságot Szyene és Alexandria között csak a karavánok lépései szerint becsülte meg; s végre azt sem tudjuk biztosan, milyen hosszú volt a stadium, mintán a görögök között különböző stadium divatozott. De *Baeyer* porosz tábornok s az új európai fokmérésnemzetközi bizottságának elnöke bizonyítja, hogy az egyiptomiak igen pontosan tudtak mérni, s hogy Eratoszthenesz bizonyosan az ő eljárásukat követve a két város közötti távolságot valósággal felmérte. Tekintetbe vevén azután a két város közötti hosszúságbeli különbséget s a görög stadiumot a mi mértékünkre számítván át, úgy találja *Baeyer*, hogy Eratoszthenesz meghatározása szerint a Föld körülete 5408 mfd, mi csak 8 mfd-dal több, mint most veszszük, tehát a hiba csak $\frac{1}{700}$ részt tesz. Korunkban sem lehetne a közvetlen mérések által kedvezőbb eredményre jutni.

Eratoszthenesz után *Poszidoniusz* (született 135 táján K. e.) a Rhodusz és Alexandria közötti ívet határozta meg; úgy találta, hogy az a Föld körületének 48 dik része vagyis $7^{\circ} 30'$, a való-ságban csak $5^{\circ} 10'$, s ez ív hosszából elsőben 340,000, később pedig 180,000 stadiumra számítá a Föld körületét. Előbbi meghatározása helyesebb volt, mint az utóbbi, mely szerint egy fokra csak 500 stadium esett, mi $\frac{1}{6}$ -dal kevesebb mint a mennyit egy fok hossza valóban tesz. Tyrusbeli *Marinus* és *Ptolomaeusz* Poszidonius azon hibás meghatározását követték, azért a helyek fekvését, kivált a hosszúságra nézve, nagyon hibásan határozták meg.

A második fokmérés *Al-Mamun* khalifa alatt arab mérnökök által a babiloniai síkságon hajtaték végre 827-ben K. után. A khalifa rendeletéből négy csillagász a *tadmori* síkságra ment; ott egy helyről elindulván ketten éjszak, ketten pedig dél felé mentek odáig, míg nem a délkör irányában egy-egy szélességi fokot értek el. Az egy foknyi út hosszát 57 arab mfd-re tették. A khalifa azután más csillagászokat az Eufratesztől éjszakra eső *szindsári* síkságra küldte, kik Rakkánál mértek meg egy szélességi fokot; hosszát $56\frac{1}{4}$ arab mfdnyinek találták. E mérések következtén az arabok egy fokra $56\frac{2}{3}$ mfdet számítottak. Az arab mfd 4000 fekete rőföt tett, mely = 540.7 millimeterrel vagyis 239.69 párisi vonallal, tehát

élt, a legnagyobb kör egy fokára $694\frac{1}{9}$ stadium helyett kerék számmal 700 stadiumot számított, tehát a Föld körületét 252,000 stadiumra tette. Arisztotelesz 400,000. Pythasz és Archimedesz 300,000 stadiumra becsülték a Föld körületét. Egy attikai stadium = 600 láb, tehát 40 stadium = 1 földrajzi mfd.

a tadmori síkságon egy fok hossza 62,881.72 toiset tett volna, mi 5977 toiszal több, mint annak hossza valósággal tesz.

A *harmadik fokmérést* s Európában az elsőt egy francia orvos *Fernel* eszközle 1525 ben. A mérésre sajátos eljárást követett. Kocsijához oly készüléket alkalmazott, mely az egyik kerék forgásainak számát olvasa és jelölé meg, úgy hogy a kocsikerék körületének nagyságából s forgásainak számából a megtett út hosszát ki lehetett számítani. Természetesen a kocsikerék körületét is megmérte. 1525 aug. 25-kén *Fernel* a delelő Nap magasságát határozá meg Párisban s eunek földrajzi szélességét 48 fokra 38 perczre tette. Azután Amiens felé éjszakra utazék s aug. 27-kén délben úgy találá, hogy a Nap magassága 27 perczcel kisebb mint Párisban volt. Azután még két napig tovább utazott, s aug. 29-kén úgy találá, hogy a delelő Nap magassága épen 1 fokkal kisebb mint Párisban volt, hogy tehát azon hely egy fokkal éjszakra esik Páristól. A kocsikerék az egész út alatt 17,024 forgást tett vala, körülete 20 lábnyi volt, tehát az egész út hossza $340,480 \text{ lábat} = 56,446\frac{2}{3} \text{ toise-t}$ (francia ölet) tett.

E három fokmérésnél a távolságok még közvetlenül mérettek meg. A *negyedik* s Európában második fokmérésnél *Snellius* már a háromszögellést alkalmazta. *Leyden* város és *Souterwouda* falu között Hollandiában 320 rajnai öl (*Ruthe*) és 4 láb hosszú *alaponalt* ismételve megmérvén, ehhez két háromszöget kapcsolt, melyek közül az egyiknek csücsát a városház tornya *Leydenben*, a másiknak csücsát pedig a *souterwoudai* templontorony képezte, s azután háromszögmértani (trigonometria) úton határozá meg a két csücspon távolságát. Ezt azután új háromszögek alaponalául használta s háromszögeit egyfelől *Alkmaar*, másfelől pedig *Bergen-op-Zoom* városokig folytatá. Továbbá a két város sarkmagasságát határozá meg s úgy találta, hogy az egyik város a másiktól $1^{\circ} 11' 30''$ -nyire esik.*) A megmért távolságot 34,019 rajnai öl nyinek találta, tehát Hollandiában az egy foknyi ívnek hossza 28,500 rajnai öl, vagyis 55.100 toise-t tett volna. Munkálatainak credményét 1617-ben tevé közre. A következő évben a *Leyden* és *Souterwouda* közötti vidék elöntetvén, télen jég hátal borítottatott, *Snellius* legott a sík területen ismételte méréseit, de oly eltérések mutatkoztak,

*) T. i. *Alkmaar* az éjsz. szél. $52^{\circ} 40' 30''$, *Bergen-op-Zoom* pedig $51^{\circ} 29'$ alatt fekszik *Snellius* szerint; *Musschenbroeck* szerint e meghatározás $1'$ és $43''$ -cel hibás volt.

hogy a munkálattal egészen felhagyott. 1697-ben Snellius számításait *Cassini* átvizsgálá s azon eredményre jutott, hogy a délköri fok hossza Hollandiában 58,245 toise-t tesz. Ez hibás eredmény volt, azért *Musschenbroeck* utóbb a mérést és számítást még egyszer ismételte s azt találta, hogy a délköri fok hossza 57,060.367 toise-t tesz.

Snellius módszerét kivált a francziák alkalmazák és tökéletesbíték, úgy hogy az uemsokára a közvetleni méréseket teljesen kiszorítá. *Norwood* azomban 1633 — 1635-ben a Londontól Yorkig érő, majdnem 40 földrajzi mfd hosszú ívet, sőt *Mason* és *Dixon* Éjszak-Amerikában Pennsylvania államban a síkságon s a Chesapeake, Potomak és Delaware folyók torkolatai közötti félszigeten való, 1° 28' 45" hosszú ívet még 1764 — 1768 is közvetlenül a lánczsal mérték meg.

Norwood mérései szerint London és York között egy fok hossza 57,424 toise; ez eredmény inkább közelíti meg a valóságot mint Snelliúsé. Az 1665-ben alapított francia tudományos Akadémia becsületbeli ügynek tartotta, hogy a földi fok nagysága iránti bizonytalanságnak véget vessen. Megbízá egyik tagját, *Picard*-ot, hogy Franciaországban tegyen fokmérést. *Picard* 1669-ben a Páris melletti Malvoisine-tól az Amiens melletti Sourdonig terjedő 1° 22' 55" hosszú ívet mér meg, Snellius módszere szerint, de már távcsövet s általában javított eszközöket használt a szögletek mérésére. Az alapvonalt a Villejuif-ből Juvisy-ig (Páris közelében) menő országúton mérte meg, s hossza 5663 toise-t tett. Méréseinek eredménye az volt, hogy a fok hossza 57,060 toise, mi sokkal helyesebb, mint az addigi eredmények, s kivált azért nevezetes, mivel részint neki köszönhető, hogy Newton az általános nehézkedésre vonatkozó vizsgálódásait újra felvette és szerencsésen befejezte. Midőn t. i. Newton ebbeli vizsgálódásait megindítá, abból a hibás feltevésből indult vala ki, hogy a földi fok hossza 49,500 toise, ennek pedig természetesen az volt a következése, hogy számításai és a Hold mozgására alapított okoskodásai nem vágtak össze. Newton azért egy ideig felhagyott számítgatásuival és csak akkor folytatá ismét, midőn *Picard* méréseinek eredményéről értesült vala.

Már említettük, hogy a francia Akadémia 1672-ben *Richer* osillagászt déli Amerikába Cayenne-be küldé, hogy ott tudományos vizsgálódásokat tegyen. *Richer* nagy meglepetésére azt találá, hogy inga-órája, mely Párisban egészen jól járt vala, Cayenne-ben naponként mintegy 2½ perczel késik. Newton 1687-ben megje-

lent hires munkájában (*Principia philosophiae naturalis mathematicae*) kifejté annak okát. Bebizonyítá, hogy bizonyos hosszúságú ingának az egyenlítő alatt és közelében kettős okból kell lassabban lengenie, mint a sarkokhoz közelebb eső helyen. Első oka az, hogy a Föld az egyenlítő közelében a forgás miatt fel van duzzadva s tehát ott a Föld sugara (a Föld felülete és középpontja közötti távolság) nagyobb, mint a sarkok alatt, s ennél fogva a Földnek a felületén való tárgyakra irányzott vonzása kisebb, mint a sarkoknál. Másik oka pedig az, hogy az egyenlítő közelében a Föld felületének egyes pontjai nagyobb forgási sebességgel bírnak, mint a sarkok közelében, s ennél fogva a súlyerővel vagyis a Föld vonzásával ellenkező irányban ható röperő az egyenlítőnél nagyobb mint a sarkoknál. Newton tehát azt állítá, hogy a Föld nem tökéletes gömb, hanem sphaeroid, vagyis oly gömbölyű test, mely a sarkoknál le van lapúlva, az egyenlítőnél pedig fel van duzzadva. A Föld forgási tengelye tehát rövidebb, mint egyenlítői átmérője, még pedig a két átmérő hossza úgy viszonylik egymáshoz mint 689 : 692, vagyis a sarki lelapultság $\frac{1}{231}$. *Huggens* is elméleti okokból következteté, hogy a Föld a sarkoknál le van lapúlva, de a lelapultságot csak $\frac{1}{578}$ -re tette.

Newton és *Huygens* ezen okoskodásaiból az következett, hogy a Föld felületén a súlyerő az egyenlítőtől kezdve a két sark felé növekedik, s ennél fogva az egyenlő hosszúságú ingák lengéseinek ideje az egyenlítőtől a sarkok felé fogy; hogy továbbá a Föld felületének görbülete az egyenlítőnél nagyobb, mint a sarkoknál, s ennél fogva a délköri fokok hossza az egyenlítőtől a sarkok felé mind nagyobb.

Picard indítványozta vala, hogy a Páris délkörében általa megkezdett fokmérés folytattassék s egész Franciaországra terjesztessék ki. *Colbert* minister helyeslé az indítványt, s 1680 óta az Olaszországból 1669-ben Párisba meghívott *Cassini János Dominik*, továbbá fia *Cassini Jakab*, azután *De-la-Hire* és *Maraldi* Páristól délre és éjszakra folytaták a méréseket. 1718-ig a 6° 18' hosszú ív méretett meg, mely Dünkirehentől Párison át délre a Földközi tengerig, a Perpignan közelében való Collioure-ig, vagyis a keleti Pireneusokhoz tartozó Canigon hegyig terjed. E méréseknek végeredménye az volt, hogy a fok hossza a Páristól délre a Földközi

tengerig való íven 57,097, a Páristól éjszakra Dünkirchenig való íven pedig 56,960 toise, hogy tehát ellenkezőleg Newton elméleti következtetéseivel a fok hossza éjszaki Franciaországban kisebb, mint déli Franciaországban. E szerint a Föld alakja nem citromhoz, hanem tojáshoz hasonlítana. Sokan csakugyan megtámadák Newton véleményét, különösen Riccioli Olaszországban, Cassiniék és Fontanelle Franciaországban, Eisenschmidt Németországban.

E tudományos vitának a francia Akademia az által ohajtott véget vetni, hogy a kormányt, Maurepas ministert és Fleury hibornokot, rábírá, hogy oly vidékeken, hol a Föld felületének görbületében legnagyobb különbséget lehetett gyanítani, t. i. az egyenlítő és a sark közelében rendeljen el fokméréseket. A francia kormány tehát egy expeditiót *Lapposzigba* és mást *Peruba* küldte. A lappországi expeditio tagjai *Maupertuis*, *Clairault*, *Camus*, *Le Monnier* és *Outhier* voltak s hozzájuk még a svéd természettudós *Celsius* csatlakozék. 1736-ban indulának el s az éjszaki szélesség 66-dik foka táján a Torneától a Pello melletti Kittisz hegyig való 57' 30" hosszú ívet mérék meg; az alapvonalt a Tornea folyó jég hátán mérték. 1738-ban érkezének haza azon eredménnyel, hogy a fok hossza 57,437 toise.

A perui expeditio tagjai voltak: *La-Condamine*, *Bougner*, *Godin*, *Jussieu*, *Couplet* s két spanyol, *Ulloa Antal* és *Santarilla János*; 1735-ben utazának el s egy részök 1744-ben, más részök 1747-ben érkezék haza. A quitói felsíkon, az Andok két magas hegyláncza között hajták végre a méréseket. Az első, 6272 toise hosszú alapvonalt Quito közelében mérék meg; a háromszögek hálózátát onnan, az egyenlítőtől éjszakra néhány ívpercnyire eső ponttól, kezdve délre a Tarqui melletti lapályig terjeszték ki, úgy hogy az általuk megmért ív hossza $3^{\circ} 7' 3''$ tett; 1739-ben a Cuencától délre eső Tarqui-nál a végső vagyis igazoló alapvonalt (Verificationsbasis) mérték meg, melynek hossza 5.59 toise-t tett. Ezt a vonalt Bougner 3—4, Lacondamine 6 láb hiján megegyezőnek találták a háromszögi számításokkal. Végeredményül azt találták, hogy egy fok hossza 56,750 toise. Tehát Quitónál a földi fok csakugyan kisebbnek, Lapporrságban pedig nagyobbnek találtatott mint Franciaországban. A perui és franciaországi fokmérések összevetéséből azt kellett következtetni, hogy a sarki lelapúltság $\frac{1}{303}$, a lapp-

országi és perui fokmérések összevetéséből pedig azt kellett következtetni, hogy a lelapúltság $\frac{1}{169}$.

Noha az eredmények még nem voltak egészen kielégítők, mégis annyit bizonyítottak, hogy Newton-nak igaza van. A perui és lappországi expedíciók a fokmérések első időszakát rekesztik be. Az ezen időszak alatt tett mérések közül, Baeyer szerint, Eratosztheneszi és Ferneli dicsekedhetnek a legkedvezőbb eredménnyel; de Baeyer azt mondja, hogy Fernel mérései szerint Páris és Amiens között a fok hossza 57,070 toise, tehát a hiba csak $\frac{1}{439}$ lett volna.

A perui expeditio hazaérkezte előtt és után ifjabbik *Cassini*, továbbá *Cassini de Thury Cézár*, azután *Bouguer*, *Le-Monnier*, *Camus*, *Guy-Pingré* és *Lacaille* a franciaországi fokmérést ismételték, s azon eredményre jutottak, hogy a fok hossza az északi szélesség $50^{\circ} 27'$ alatt 57,092, az É. Sz. $46^{\circ} 14'$ alatt pedig 57,040 toise. 1750 óta a Föld különböző vidékein tettek új meg új fokméréseket, mind tökéletesebb eszközökkel. *Lacaille* 1750—1754 a Jöreménység fokánál a déli szélesség $33^{\circ} 18' 30''$ alatt mérte meg a fok hosszát s ezt csak 57,037 toise-nyinak találta. 1751-ben *Le-Maire* és *Boscovich* a pápai államban Róma és Rimini között 2° hosszú ívet mérték meg, *Beccaria* 1759-ben Piemontban tett fokmérést.

Mária Terézia Boscovich indítványára *Liesganignak*, a bécsi jezsuita kollegium csillagvizsgáló intézete igazgatójának hagyta meg, hogy fokmérést tegyen. Liesganig és társai $2^{\circ} 59' 45''$ hosszú ívet mérték meg, mely a Brttn közelében levő Szobiesitznél kezdődik s Bécsen és Grácson át Varasdig terjed s melyet utóbb a Pétervárad és Kistelek közötti ívvel toldottak meg. Liesganig úgy találta, hogy a fok hossza Bécs és Brttn között 58,664, Bécs és Varasd között 58,649, átlagosan pedig 58,655 bécsi öl = 57,077 toise. De Liesganig méréseit némi bizalmatlansággal fogadták.

Angliában 1783-ban *Roy* tábornok kezdte egy 3 fok hosszú ívet mérni, mely a Wight szigeten levő Dnnnose-tól Clifton-ig terjed; e méréseket 1803-ban *Mudge* tabornok fejezte be; eredményök az, hogy a fok hossza 57,069.8 toise.

1791 és 1792 *Burrow* a keletindiai társaság megbízásából Indiában lánczezal mért meg egy $1^{\circ} 7' 50''$ hosszú ívet, azután 1802-ben *Lambton* kezdte meg méréseit Elő-Indiában. Elsőben

Madrasz mellett mért meg egy $1^{\circ} 34' 56''$ hosszú ívet, 1804 óta háromszögellési méréseit a Komorin fokhegyénél kezdé meg s a szélesség $8^{\circ} 9' 39''$ alatt fekvő Punnútól kezdve a szélesség $14^{\circ} 6' 19''$ alatt fekvő Bomaszundrunig, utóbb a $15^{\circ} 6'$ -ig terjeszté ki. Azután *Lambton* és *Everest* 1825-ben a méréseket folytaták, úgy hogy végre az általuk megmért ívnek hossza 16° tett; utóbb még a szélesség $29^{\circ} 30' 48''$ alatt fekvő Kalianáig terjeszték ki, s tehát hossza $21^{\circ} 21' 17''$ tesz.

Lappországbán *Svanberg* és *Oefverbom* a svéd Akademia megbízásából 1801—1803-ban Tornea közelében Mallörn és Pahta-
vara között egy $1^{\circ} 37' 19.6''$ hosszú ívet mértek meg; úgy találták, hogy Maupertuis eredménye hibás volt, mert ott a fok hossza nem 57,437, hanem csak 57,196 toise, úgy hogy a perui méréssel összehasonlítva $\frac{1}{327}$ s a franciaországgal összehasonlítva $\frac{1}{319}$ tenne a le-
lapúltság.

Franciaországban a harmadik fokmérést 1792-ben *Delambre* és *Méchain* kezdék meg s Dünkirchentől Barcelonáig mérék meg az ívet; a méréseket 1806 és 1808 *Arago* és *Biot* folytaták s délre a Baleari szigetekig, Ivizáig és Formenteráig terjeszték ki, úgy hogy a megmért ív hossza $12^{\circ} 48' 46''$ tett. Ez ívet az angolok Greenwich-esel (Griniceses) kötötték össze, t. i. Roy tábornok már 1784—1788-ban Dünkirchentől egész Greenwich-ig terjesztette vala ki háromszögeinek láncolatát.

Picard, Cassiniék, Maupertuis, Lacondamine, Bouguer és Lacaille az alapvonalok megmérésére fából készült mértékrudakat használtak vala, melyek vas toise-zal voltak összehasonlítva; Angliában üvegrudakat, utóbb aczélból való lánczokat használtak. 1792-ben a francziák két lemezből álló rudat alkalmaztak, melyek egymás fölé voltak téve, az egyik lemez platinából, a másik rézből készült. Minthogy a melegség a kétféle fémet különböző arányban terjeszti ki, a réz lemeznek a hőmérsék változásai szerint változó hosszából a platina lemez föltétlen hosszát pontosan meg lehetett határozni. Azért a múlt század végén megindult és századunk elején befejezett francia fokmérés egészben véve tökéletesebb volt, mint az előbbi fokmérések. Kiszámított végeredménye az, hogy a fok hossza a szélesség 45° alatt 57,027 toise. E szerint számíták ki a Föld körületének nagyságát, s úgy találták, hogy a Föld negyed-
ívének hossza 5.130,740 toise. E negyedívnek tiz milliomed részét

vették alapjául az új franezia mértékrendszernek. Az új mértékegységet meternek nevezték. Ez tehát a Föld negyed ívének tíz milliomod része, vagyis 3 láb és 11.296 vonal, azaz 443.296 vonal hosszú. Utóbb azomban kitűnt, hogy a számításba kis hiba esüszott vala be, t. i. a Barcelona melletti Montjoux és Formentera közötti ívet 133 meterrel kisebbnek vették, mint kellett volna, s tehát a Föld egész körülete nem épen 40 millió, hanem 40,003,423 métert tesz, s a meter e szerint nem tökéletesen tíz milliomod része a Föld negyed-ívének, hanem $\frac{1}{50}$ vonallal kisebb. Bessel fedezé fel e hibát 1837-ben.

Németországban 1821—1824-ben *Gausz* vezetése mellett a Göttinga és Altona között elterjedő, $2^{\circ} 0' 57''$ hosszú ív méretett meg, a fok hossza 57,126.47 toise-nyinak találtatott, az északi szélesség $52^{\circ} 32'$ alatt. *Schumacher* 1817 óta a Lauenburg déli szélétől Jutlandon át Skagenig terjedő, $1^{\circ} 31' 53''$ hosszú ívet mérte meg; a fok hossza ott 57,093.1 toise. 1831—1836-ban *Bessel* és *Baeyer* Trunz, Königsberg és Memel között keleti Porosz tartományban mérték meg az $1^{\circ} 30' 29''$ hosszú ívet ($1^{\circ} = 57,145.2$ toise); *Struve*, *Wrangel* és mások az orosz birodalomban a Keleti tenger mellékein a Dűna melletti Jakobstadtól (Kurországbán), a Finn tengerébőlben levő Hogland szigetig való, $3^{\circ} 35'$ hosszú ívet mértek meg ($1^{\circ} = 57,108$ toise); 1817-ban *Tenner* kezdé meg háromszögelléseit Wilna környékén s azután az oroszországi fokmérés mind továbbra terjesztetett. — *Maclear* a Jöreménység fokán ismétlé Lacaille méréseit s 1848-ig $3^{\circ} 35'$ hosszú ívet mért meg. A Roy által megindított angol fokmérést *Kater*, *Colby* és *James* folytatak, s a Nagybritanniában megmért ív a Scilly szigeteken levő St. Agnes-től ($49^{\circ} 54'$) a Shetlandi szigeteken levő Saxafordig ($60^{\circ} 50'$) ér, tehát hossza $10^{\circ} 56'$.

Következők a nevezetesebb fokmérések és eredményeik:

Ország	Mérő neve	A megmért ív közepének szélessége	A megmért ív hossza	A délköri fok hossza a közép-szélességben
Svédország	Svanberg	+ $66^{\circ} 20' 10''$	$1^{\circ} 37' 19.6''$	365,744 angol'
"	Maupertuis	+ $66^{\circ} 19' 37''$	$0^{\circ} 57' 30.4''$	367,086 "
Oroszország	Struve	+ $58^{\circ} 17' 37''$	$3^{\circ} 35' 5.2''$	365,368 "
"	Struve, Tenner	+ $56^{\circ} 3' 55''$	$8^{\circ} 2' 28.9''$	365,291 "
Poroszország	Bessel, Baeyer	+ $54^{\circ} 58' 26''$	$1^{\circ} 30' 29.0''$	365,420 "
Dánia	Schumacher	+ $54^{\circ} 8' 13''$	$1^{\circ} 31' 53.3''$	365,087 "
Hannovera	Gausz	+ $52^{\circ} 32' 16''$	$2^{\circ} 0' 57.1''$	365,300 "

Ország	Mérő neve	A megmért ív közepének szélessége	A megmért ív hossza	A délköri fok hossza a középső szé- lességben
Anglia	Roy	+ 52 35 45	3 57 13.1	364,971 angol'
"	Kater	+ 52 2 19	2 50 23.5	364,951 "
Franciaország.	Delambre	+ 46 52 2	8 20 0.3	364,872 "
"	Delambre, Méchain	+ 44 51 2	12 22 13.4	364,572 "
Amerika	Maton és Dixon	+ 39 12 —	1 28 45	363,786 "
India	Lambton	+ 16 8 21	15 57 40.7	363,044 "
"	Lambton és Everest	+ 12 32 20	1 34 56.4	362,956 "
Peru	Bougner és Lacondamine	— 1 31 —	3 7 3.5	362,790 "
Jöreménység				
foka	Lacaille	— 33 18 30	1 13 17.5	364,713 "
Ugyanaz	Maclear	— 35 43 20	3 34 34.7	364,060 "

Mindezen fokmérések délköri, vagyis a délkörök mentén való, tehát szélességi fokoknak mérései. De tettek oly méréseket is, melyek az egyenlőzük irányában való hosszúsági fokok nagyságát különböző szélességek alatt határozták meg.

Az első *hosszúsági fokmérést* 1734-ben *Cassini* hajtá végre Franciaországban, azon az egyenlőzű körön, mely a Rhône torkolatát szegi. Ujabb időben, 1811 óta *Brousseau*, *Nicollet*, *Pictet*, *Gautier*, *Plana* és *Carlini* a Gironde torkolatától Tour de Cordouan-tól (Bordeaux közelében) keletre Franciaországban Genfig, azután Svajczerországon és Olaszországon át Padua városáig terjedő hosszúsági ívet mérték meg. Ugyancsak Franciaországban a Bresttől Párison át Strassburgig terjedő ívet mérték meg 1804-től 1823-ig. Más országokban is tettek hosszúsági fokméréseket, Svéd- és Norvégországban, Oroszországban, Angliában, Németországban stb. A legnagyobb hosszúsági ív, mely eddigelé megmértetett az, mely az éjszaki szélesség 52-dik foka alatt Irország délnyugati partjától, Valentia szigettől és Franciaország északnyugati partjaitól kezdve Német- és Oroszországon keresztül az Ural hegységig, Orszk városáig terjed.

Mind a szélességi, mind a hosszúsági ívek méréseinek eredményei tetemes eltéréseket mutatnak, s azért Baeyer porosz tábornok indítványa, hogy egyenlő eljárás és terv szerint végrehajtandó nagyszertű európai fokmérésre Europa államai egyesüljenek, a kormányok által készségesen fogadtatott. Állandó nemzetközi bizottság neveztetett ki, mely a kormányok egyéb képviselőivel együtt az ügyet vezeti. Minden európai országban részint a régibb méréseket

újra megvizsgálják, részint előmunkálatokat tesznek új mérésekre. Mindenütt a legnagyobb gonddal járnak el, s a legalkalmasb eszközöket használják. Különösen Német- és Oroszországban, Németalföldön, Dániában, Svéd- és Norvégországban fejtenek ki nagy munkásságot. Oroszországban az idősbik *Struve* és *Tenner* által megkezdett fokmérés lassankint éjszak felé Finn-, Svéd- és Norvégországokon át a Hammerfest közelében, a Jeges tengerben levő Fugelnász szigetig, dél felé pedig az alsó Dunánál levő Iszmailig (Sztaro-Nekrazovkáig) terjesztetett ki, tehát a megmért délköri ív az éjszaki szélesség $70^{\circ} 40'$ -től $45^{\circ} 20'$ -ig 25 fokot 20 perczet tesz. Most előmunkálatokat tettek arra, hogy Iszmailtól kezdve Bolgárországon és Rumelián át, Kis-Ázsia partjainak mentén s a Sporadi szigeteken keresztül Kandliáig terjedő 10—11 foknyi ívet is megmérjék.

A nemzetközi bizottság felügyelete mellett munkában levő fokmérés kétféle; egyik a Közép-Európában folyó *szélességi*, másik pedig a szélesség 52-dik foka alatt elvonuló nagy európai *hosszúsági* fokmérés.

Említettük, hogy most a háromszögellés alkalmaztatik minden fokmérésnél. A működésnek tehát két fő része van; egyik az alapvonal valóságos megmérése, másik a szögletek nagyságának meghatározása. Az alapvonal hossza legfeljebb 1—2 mfidet tesz. De ezt az aránylag rövid vonalt a legnagyobb szabotossággal kell megmérni. Erre nézve szükseges, hogy a használt mértékegység a legpontosabban legyen meghatározva. Hogy a használt mértékegységek összehasonlíthatók legyenek, azelőtt rendesen a francziák által Peruban használt ölhez (perui toise) alkalmazták a mértéket. De a folyamatban levő nagy európai fokmérésnél a Párisban őrzött mintameter fogadtatott el alapmértékül. Miután a hőség különböző fokai szerint a bármely anyagból készült mértékek hossza változik, a hőség azon fokát is meg kell határozni, mely mellett a használt mérőrud valóban oly hosszú, mint a milyen hosszúnak vetetik, s meghatározzák azt is, a hőmérséklet változásai szerint mennyivel rövidül vagy hosszabbodik. Méréskor a mérőrudakat lehető sima és egyenes alapon egymás mellé teszik, de végeiket nagyon összetolni nem lehet, mivel az összelötődés által kopnának s földre is tolatnának. Azért az egyik és másik mérőrud között az összeillesztésnél mindig kisebb nagyobb köz marad, s e közök pontos megmérése a legnehezebb feladat. Különböző készülékeket gondoltak ki arra a czélra.

Reichenbach Münchenben az *ékkészüléket* találá fel, mely szerint az egyes rudak végei közé egy igen finoman beosztott ék tétetik be s így méretik meg a közök nagysága. E készüléket Bessel használta s Bajor- és Olaszországban is használják. Orosz- és Svédországban az úgynevezett *tapintó emeltyű* (*Fühlhebel*) segítségével mérik meg a közöket. Németalföldön, Spanyolországban és Portugáliában mikroszkop-készüléket használnak azon czélra. De e készülék alkalmazása részint bajos, részint még sem eléggé biztos.

Steinheil Münchenben könnyebben és biztosabban kezelhető készülékről elmélkedvén, arra jutott, a mit már Fernel francia orvos alkalmazott vala, t. i. azt találta, hogy legjobb és legbiztosabb mérőeszköz a *kerék*. Mert ha ez, egy nes vonalon tovább gördül, egyik teljes körülforgásához tökéletesen hozzásatlakozik a második körülforgása, tehát nincsenek közök, melyeket külön kellene meghatározni. Steinheil előlegesen készített kerékekkel kísérleteket is tett, melyek eléggé sikerültek. Azután igen elmésen kigondolt *mérőkeréket* készített; talpa $\frac{1}{10}$ meter széles és $\frac{1}{100}$ meter vastag karika vagyis abroncs, mely öntött aczélból készült, s melynek átmérője 1 meter. A karika egy a küllőket helyettesítő s öntött vashból való korongra van erősítve, a tengelyhez egy számlálókerék van alkalmazva, mely megmutatja, hány teljes forgást tesz a mérőkerék, s ha az utolsó forgása nem volna teljes, azt is megmutatja, a kerék körülletének mekkora része hibázik a teljes forgáshoz s azt görcsövel lehet meghatározni. Gondoskodva van arról, hogy a mérőkerék félre ne hajolhasson s mindig tetőleges állásban gördüljön. De a kerék által megméréendő alapvonal síkjában vasutat kell rakni. Ha ez meg van, a kerék segítségével egy nap alatt egész mélyföldnyi vonalt is meg lehet mérni, tehát a mérés könnyen ismétellhető, a mi eddigelé nem igen történt és nemis történhetett, mivel a mérés igen lassan haladt elő. Továbbá ugyanazon mérőkerékkel egyetlen nyáron át különböző országokban különböző alapvonalokat lehet megmérni, a mi szintén nevezetes nyereség.*)

Látjuk tehát, hogy az alapvonal megmérése nem könnyű dolog. Ámde még más nehézségek is vannak.

A szögletek megmérése sem igen könnyű. A Föld felületén nyert háromszögek nem sík, hanem görbe felületű, azaz gömbi

*) Steinheil azonban meghalt, mielőtt készülékét a fokmérésoknál használhatták volna.

háromszögek s ezekben a három szöglet együtt véve valamivel több mint 180 foknyi. Továbbá a valóságos függélyes irány meghatározása sem oly egyszerű dolog, mert azt tapasztalták, hogy a Föld általános középponti vonzásán kívül különböző erejű helybeli vonzás is van, mely az egyes vidékek földtani viszonyaitól és más körülményektől függ, s mely azt okozza, hogy a súlynak vagyis piomnak iránya ninesen tökéletesen a Föld középpontja felé irányozva. A fokmérések által a Föld matematikai alakját akarjuk megtudni, tehát felületének esetleges helyi egyenetlenségeit mellőzzük. Midőn a Föld valamely ívének hosszáról van szó, azt úgy vesszük, a mint a tenger színvonalában volna, a valóságos felület emelkedései és mélyedései nélkül, azért a mérések által nyert eredményeket át kell számítani s a tenger színvonalára visszavezetni.

Az ingakisérletek. A fokméréseken kívül a Föld alakjának meghatározására az *ingakisérletek* is szolgálnak. Már említettük, hogy Richer francia tudós Cayenne-ben déli Amerikában a déli szélesség 5-dik foka alatt azt tapasztalá 1672-ben, hogy órája, mely Párisban egészen jól járt vala, naponként $2\frac{1}{2}$ percczel késett, s az ingát Cayenne-ben $1\frac{1}{4}$ vonallal vagyis $125/460$ részzel meg kellett rövidítenie. Newton megmutatta, hogy mi annak az oka. Az inga lengésének sebessége a Föld vonzásától függ, a mily arányban ez csökken, oly arányban amannak is kell csökkennie. Tehát a másodpercz-inga hosszának az egyenlítőről a sarkok felé épen oly arányban növekednie kell, mint a mily arányban a Föld vonzása az egyenlítőről kezdve a sarkok felé növekedik s megfordítva. Már pedig a vonzás vagyis súlyerő növekedése egyenes arányban van a szélességi fokok szinusainak négyzetével, tehát a mennyivel hosszabb az egyenlítői átmérő mint a sarki átmérő, annyi-val rövidebb a másodpercz-inga az egyenlítő alatt mint a sarkok alatt. Tegyük pl., hogy az egyenlítő alatt a másodpercz-inga hossza 439.1 vonal, s hogy a szélesség 45-dik foka alatt azt 1.25 vonallal meg kellene rövidíteni, hogy szintén egy másodpercz alatt egy lengést tegyen, akkor a sarkok alatt 2.5 vonallal kellene azt megrövidíteni. Mert a 45-dik fok szinusának négyzete $= \frac{1}{2}$ s a 90 fok szinusának négyzete $= 1$. E szerint az egyenlítői másodpercz-ingának hossza a sarki másodpercz-ingának hosszához úgy viszonylanék, mint 439.1 viszonylik 441.6-hoz, s az egyenlítői átmérő a sarki átmérőhöz úgy viszonylanék, mint 4416 : 4391, vagyis mint 175.6 : 174.6. Akkor

a Föld lelapultsága $\frac{1}{175.6}$ volna. Ebből látni, hogy az ingakísérletek által csakugyan a Föld alakjára lehet következtetést vonni. Azonban nem kell felednünk azt, hogy az egyenlítői vidékek nagyobb forgási sebessége is csökkenti a súlyerőt.

A forgásból credő röp-erő általában csökkenti a vonzás hatását; az egyenlítő alatt a két erő, mint ezt már láttuk, egymással épen ellenkező irányban hat, tehát ott a röp-erő leginkább csökkenti a vonzás hatását, a sarkok felé a két erőnek iránya nem egészen ellenkező, tehát ott már ennél fogva is a röp erőnek hatása kisebb. S ehhez járul még azon körülmény, hogy a forgási sebesség az egyenlítő alatt legnagyobb, másodpercenként 1428 párisi láb, a sarkok felé pedig mind kisebb, a sarkkörök alatt másodpercenként már csak 569 láb. Tehát a röp-erő az egyenlítő alatt legnagyobb s a sarkok felé mind kisebb.

A röp-erő hatásának eredményét minden szélességi fokra nézve ki tudják számítani a következő képlet segítségével: $r = \frac{3.14 \times k}{i^2}$

E képletben r a röp-erő nagyságát, 3.14 a kör kerületének arányát a sugarához, k az illető szélességi kör kerületét, i a forgási időt jelenti. A Föld forgási ideje 24 órát vagyis 98,400 másodpercet tesz, az egyenlítő körülete mintegy 40,000,000 meter. Tehát a feljebbi képlet szerint az egyenlítő alatt a röp-erő hatása egy-egy másodperczen:

$$r = \frac{3.14 \times 40,000,000}{98,400^2} = 0.017 \text{ meter.}$$

E szerint az egyenlítő alatt valamely test egy másodperczen a röp-erő irányában 0.017 meternyire távoznék el a Föld középpontjától, ha e törekvésében nem akadályoztatnék, s így a szabadon eső testek esése is az egyenlítő alatt annnyival kisebb az első másodperczen. Ha a testek esése a sarkok közelében az első másodperczen 4.900 metert (körülbelül 15 lábat) tesz, az egyenlítő közelében 0.017 meter-

rel, azaz $\frac{1}{292}$ -vel kevesebbet tesz. Ennél fogva az egyenlítő alatt a testek kisebb súlylyal bírnak, mint a sarkok alatt, s egyenlő hosszú ingák is az egyenlítő alatt lassabban lengenek, mint a sarkok közelében.

Az ingakísérletek ezt csakugyan be is bizonyították, de az eredmény, mely általuk eléretett, a különböző vidékek szerint a helyi vonzás miatt nagyon különböző. *Richer* óta sokan tettek inga-

kísérleteket, s általában a fokmérések alkalmával rendszeren azokat is teszik. Legnevezetesebbek azon ingakísérletek, melyeket *Borda*, *Biot* és *Arago* Franciaországban 1792 óta, s az angol kormány által kiküldött *Kater*, *Sabine*, *Hall* és *Freycinet* Angliában s a Föld különböző részeiben kivált 1820 óta tettek. Sabine 1822 és 1823 években az egyenlítőtől az északi szélességnek 80-dik fokáig tett ily kísérleteket.

Azon igen kényes ingakísérletek szerint a másodperc-ingának hosszát határozták meg az egyes helyekre nézve. Ez Borda szerint Párisban 440.559 párisi vonal, vagyis 0.99398 meter; Sabine szerint Sz. Tamás szigetén az É. Sz. $0^{\circ} 24' 41''$ alatt 39.012, Jamajka szigetén az É. Sz. $17^{\circ} 56' 48''$ alatt 39.035, Uj-Yorkban az É. Sz. $40^{\circ} 42' 43''$ alatt 39.101, Londonban az É. Sz. $51^{\circ} 31' 8''$ alatt 39.139, Drontheimban az É. Sz. $63^{\circ} 25' 54''$ alatt 39.171, Spitzbergában az É. Sz. $79^{\circ} 49' 58''$ alatt 39.215 párisi hüvelyk. Bessel szerint a másodperc-inga hossza a königsbergi csillagvizsgáló intézetre nézve 440.815, a berlinire nézve 440.735, az egyenlítői helyre nézve 439.258, a sarkokra nézve 441.562 párisi vonal. Tehát valamely test az egyenlítő alatt 15.054, a sarkok alatt 15.132 párisi lábat esik egy másodperc alatt, vagyis a súlyerő a sarkok alatt $\frac{1}{139}$ -szer nagyobb, mint az egyenlítő alatt.

A Föld valóságos alakja és nagysága. A fokmérések és ingakísérletek eredményeiből szabatosabban határozták meg a Föld alakját és nagyságát. Midőn így általában a Föld alakjáról szólnunk, annak *mathematikai* alakját értjük, vagyis felületének azt az alakját, melylyel birna, ha mindenütt egyaránt nyugvó vízzel volna borítva. Azért a fokmérések és ingakísérletek által nyert eredményeket, mint már említettük, a nyugvó tenger vízszíne nére számítják át. A Föld ezen mathematikai alakjától felületének valóságos természeti alakja különbözik, sokféle nagyságú emelkedései és mélyedései miatt. Ha feltehetjük, hogy a helybeli egyenetlenségek mellőztével a Földnek szabályos mathematikai alakja van, ezt legott tökéletesen meg határozhatjuk, mihelyt a délkörök és egyenközök görbületeinek viszonyait ismerjük, vagyis mihelyt tudjuk, micsoda arányban van a Föld sarki átmérője az egyenlítői átmérőjéhez, mekkora a sarki lapúltsága. Azomban minél több és pontosabb fokméréseket és ingakísérleteket tettek, annál inkább meg kellett győződni arról, hogy a Földnek nincsen szoros értelem-

ben vett szabályos mathematicai alakja, hogy felületének görbülése nem egyenletes. Egészben véve a Föld alakja olyan mint az ellipszoidé, vagyis inkább, mint a forgási szphaeroidé; mert bizonyos, hogy az egyenlítőnél meg van duzzadva és a sarkoknál lelapulva. Tehát nagy és kis tengelye van.

Kis tengelye vagyis sarki átmérőjének hossza *Airy* angol tudós számítása szerint 41.707,620, *Bessel* számítása szerint 41.707,314, *Schubert* az orosz fokmérésre alapított számítása szerint 41.711,019.2, ugyancsak *Schubert* az indiai és francia fokmérésekre alapított számításai szerint 41.712,534.2 és 41. 697,496.4 angol lábat tesz. *Herschel* szerint a délkör negyedrészenek hossza 32.813,600 angol láb, vagyis 4008 angol lábbal több, mint 10 millió meter.

Clarke a következő eredményekre jutott:

kis tengely . 41.707,536 angol láb = 6.522,305.7 toise = 1713.134 mfd,
nagy tengely 41.852,970 " " = 6.545,048.0 " = 1719.108 "

Bessel számításai szerint a sarki félátmérő 10,938 toise-val = 21,321 meterrel vagyis majdnem $2\frac{7}{8}$ mfd-dal rövidebb mint az egyenlítői félátmérő, tehát a sarki lapultság $\frac{1}{299}$ -t tesz. E szerint az egyenlítői duzzadmány körülbelöl $4\frac{3}{7}$ -szer nagyobb mint a Montblanc csúcsának magassága. Ez eredményre *Bessel* a fokmérések eredményeinek összevetése által jutott. Az ingakísérletekből nagyobb lapultságra lehetne következtetni, t. i. azoknak összes eredményei szerint a lelapultság $\frac{1}{298}$ -t tenne. *)

Végre *Laplace* francia tudós a Hold mozgásainak bizonyos

*) A fokmérésekre alapított különböző számítások eredményei a Föld sarki lapultságára nézve $\frac{1}{287}$ és $\frac{1}{312}$ között ingadoznak. Az ingakísérletek eredményei szerint *Sabine* $\frac{1}{288.7}$, *Freyriest* $\frac{1}{296}$, *Foster* $\frac{1}{289}$, *Duperrey* $\frac{1}{266}$, *Lütke* $\frac{1}{268}$, a Dünkirchen és Formentera közötti kísérletek szerint *Matthieu* $\frac{1}{298}$, a Formentera és Unst sziget közötti kísérletek szerint *Biot* $\frac{1}{304}$ -re számították ki. Egyéb-iránt azt tapasztalták, hogy az inga hossza a szigetekben úgy mint nagy föld-ségokban egymáshoz közel eső vidékeken is gyakran változik. Pl. déli Franciaországban Bordeaux-ban aránylag csekélyebb a súlyerő, mint a keletre eső Figear, Clermont-Ferrand, Milano és Praha városokban.

s) a két forduló távolsága az egyenlítőtől	2.595,043.8 meter	=	349.1157 f. mfdl.
t) a fordulók és sarkkörök közötti ív hossza	7.382,199.4	"	994.8860 "
	□ kilometer	□ földrajzi mfdl	százalékokban
u) a forróöv terjedelme	202.240,184	3.672,893.2	39.658
v) a két mérsékelt öv terjedelme	265.230,956	4.816,870.5	52.011
x) a két hideg öv	42.479,573	771,474.6	8.331
y) az egész Föld nagysága	509.950,714	9.261,238.3	
z) az egy fok széles délköri szelet terjedelme	1.416,529.8	25,725.66	

Végre a Föld térfogata 1.082,841.315,400 köb kilométert = 2,650,184,445 köb földrajzi mfdlet tesz.*) Mindezen számok a Föld szabályos matematikai alakjára vonatkoznak, de a valóságot csak megközelítőkné tekinthetők. Mert az eddigi összes vizsgálódások hihetővé teszik, hogy a Földnek nincsen teljesen szabályos alakja. Ugy látszik, hogy felületének görbülete nem egyenletes s különböző vidékeken különböző; a két félgömbön egyenlő távolságban az egyenlítőtől a görbület némileg változik, úgy hogy a délkörök szabálytalan ellipszisek volnának. Europa országai közül, úgy látszik, Nagybritanniában és Olaszországban aránylag csekélyebb a felület görbülete, mint a szomszéd országokban. Továbbá, úgy látszik, hogy a Föld felülete a délkörök mentében, tehát függőlegesen az egyenlítőre, is fel van duzzadva, s hogy e duzzadmánya Páris délkörétől keletre körülbelül 12 foknyira esik s Európán és Afrikán vonul át; hogy ellenkezőleg két lelapulás is van, melyek az egyenlítő vidékeire esnének; az egyik Páris délkörétől keletre 102 foknyira a Szunda szigetecsoportba, a másik pedig nyugatra a Panamai földszoros közelébe esnék. Ugy látszik a Föld egyenlítői körülete sem kör, hanem kerület; a nagyobbik egyenlítői átmérő a keleti hosszúság 14° 23' és 194° 23' alatt (Greenwichtől) megy át a Földön s 2 angol mfdl-del hosszabb, mint a 90 fokkal odább eső átmérő; amannak hossza 41.852,864 s emezé 41.823,096 angol láb (Clarke szerint).

*) E számításoknál a meter törvényesen megállapított hossza 443.296 párisi vonalnyinak vétetett, úgy hogy 1 toise = 1.949036 meter, s 1 meter = 0.513072 toise. Az egyenlítői fok hossza = 111,306.5781 meter = 57,108 toise, tehát 1 f. mfdl = 7420.43654 meter, nem pedig 7420.4396 meter, mint gyakran veszik. Az egyenlítői fok 1 ívperce = 1 tengeri mfdl = 1855.10993 meter. Toise-okban kifejezve az egyenlítői átmérő = 3,272,077 1399, a sarki átmérő 3 261,139.3283, tehát a lelapultság szorosan véve $\frac{1}{299.152618}$.

különböző körök egyes fokainak iveri úgy viszonylanak egymáshoz, mint azon körök sugarai, azért a $F\cancel{G}H$ egyenközü körnek minden foka egyenlő 0.706-szor 15 mfd, azaz 10.59 mfd. Ha $KE=1$, akkor FG az FE ivnek koszinusa. Ebből tehát következik, hogy az egyenközü körök fokai vagyis a hosszúsági fokok nagysága a földrajzi szélesség koszinusai szerint növekedik és fogy. FG koszinus EF földrajzi szélességre nézve ugyanaz, mi az $F\cancel{G}H$ egyenközü körnek sugara.

A következő táblázatban a délköri (szélességi) és hosszúsági fokok, a szélesség koszinusainak s a szélességi körök sugarainak nagyságát közöljük, öt fokról öt fokra.

Földr. szélesség	délköri fok hossza mfd	a szélesség koszinusa	a szélességi kör sugara mfd	a szélességi kör körülete mfd	a hosszúsági fok hossza mfd
0	14.899	1.000	860	5400	15.00
5	14.901	—	858.2	5390	14.94
10	14.905	0.985	847.10	5317	14.77
15	14.910	—	814.49	5215	14.48
20	14.916	0.939	807.54	5076	14.09
25	14.927	—	779.3	4894	13.59
30	14.937	0.866	744.76	4676	12.99
35	14.949	—	704.3	4423	12.28
40	14.962	0.766	658.76	4137	11.49
45	14.975	—	607.9	3819	10.61
50	14.986	0.643	564.98	3471	9.64
55	15.000	—	491.5	3097	8.60
60	15.012	0.500	430.00	2700	7.51
65	15.023	—	367.5	2282	6.33
70	15.032	0.342	294.12	1847	5.03
75	15.039	—	207.9	1307	3.88
80	15.045	0.174	148.78	938	2.60
85	15.049	—	74.9	471	1.31
90	15.050	—	—	0	0.0

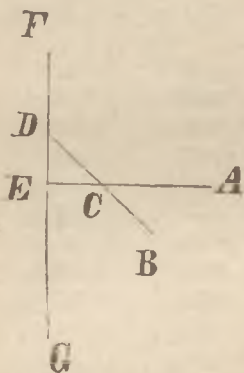
II. Az égi testek távolságának, nagyságának és tömegének meghatározása.

A parallaxis általában s különösen a Hold parallaxisa. Miként a Földön a nagyobb távolságokat nem közvetlenül, hanem háromszögek hálózatának segítségével mérik meg, úgy az égi testeknek távolságát is csak ily módon mérhetik meg.

Minden tárgy, melyet különböző álláspontokról szemlélünk, más-más irányban látszik. Az irányok különbségét, melyben két különböző helyről szemlélt tárgy látszik, általán véve *parallaxisnak* nevezik. Tulajdonkép minden tárgyat, két szemlénk levén,

két pontról szemléltünk, minden tárgy a két szemre nézve más-más irányban fekszik; a két irány ott találkozik egymással, hol a tárgy van; itt a két szemből való két irány vagyis vonal egy szögletet képez, s ez a szem parallaxisa, mely a tárgy távolságát mutatja nekünk. Fél szemmel csak egy irányban nézhetünk, tehát nem támad parallaxis, s azért fél szemmel nem is becsülhetjük meg helyesen a tárgyak távolságát.

Kiki tudja, hogy pl. a légsúlymérő kéneső oszlopa valamivel magasabbnak vagy alacsonyabbnak látszik, a mint azt alülről vagy felülről nézzük.



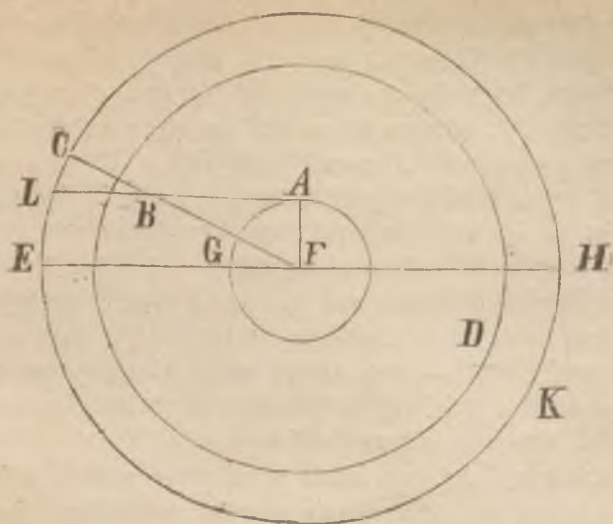
46. idom.

Legyen FG a légsúlymérő hátulsó oldala, melyen a fokosztás van, C a kéneső oszlop magasságának valóságos pontja. Ha ezt A -ból nézzük, ACE irányban látjuk s állását az E melletti fok mutatja, de ha B -ből nézzük, BCD irányban látjuk s a D melletti fok mutatja látszatos állását. A két álláspont iránykülömbösége ED , s ez a szempont különböző állásából támadó parallaxis.

Képzeljük magunknak, hogy C valami égi test, pl. egy bolygó, A és B különböző álláspontok a Földön s FG a csillagos éggömbje. Akkor C bolygót az A -ból szemlélő E , a B -ből szemlélő pedig D állócsillagnál

látná. Tehát ED , vagyis ennek esüesszöglete C -nél a *csillagászati parallaxis* volna, s ebből C bolygó távolsága akár A akár B ponttól kiszámítható.

A 47. idomban az F körül vont kör a Földet, a nagyobbik BD kör valamely bolygónak pályáját s a még nagyobb LK kör a csillagos eget ábrázolja. Az A pontból L felé húzott érintő vonal A hely láthatárának átmetszete, mely AF -re, a Föld sugarára függélyesen áll. Ha B a bolygó, melynek távolságát a Föld középpontjától akarjuk meghatározni, akkor azt, midőn A láthatárába jut, ABL irányában látjuk, s L a pont, melyben az éggömbön mutatkozik. E pont A hely tetőpontjától 90 foknyira esik. Ha B bolygót ugyanezen állásában F -ből, mint a Föld középpontjából nézhetnők, FBC irányában látnók, s C volna a pont, melyben az éggömbön mutatkoznék. E pont, mint az idomból látni, közelebb esik A tetőpontjához mint L pont. FB és AB vonalok az ABF szögletet képezik, s ez B égi testnek



47. idom.

láthatári parallaxisa. Nem szállhatunk ugyan a Föld középpontjába, hogy onnan szemléljük a csillagokat, de a Föld felületén meghatározhatjuk azt a pontot, honnan a szem B bolygót éppen azon irányban látja, mintha a Föld középpontjában volna. Ez t. i. G pont, s ez az a pont, melyben B az illető délkör síkján áthalad. Tehát a Föld felületén A és G pontoknak egymástól való távolságát meghatározhatjuk s e szerint azután az éggömbön LC ívnek nagyságát is megmérhetjük, mely LBC szögletnek, valamint a vele egyenlő ABF és BFE szögleteknek is mértéke. S akkor az A -nál derékszögletű FAB háromszögben FA oldal, mint a Föld félátmérője s az átellenben eső ABF szöglet ismeretes lévén, a háromszög ismeretlen oldalainak, különösen FB -nek hosszát is kiszámíthatjuk.

Mondtuk, hogy C pont, melyben B bolygót látnók, ha F -ből szemlélhetnők, közelebb esik A tetőpontjához mint L pont; e szerint a csillagászati parallaxis nem egyéb, mint azon szöglet, melylyel valamely bolygónak vagy más égi testnek a szemlélő hely tetőpontjától való távolsága kisebbednék, ha nem a Föld felületéről, hanem a középpontjából szemlélhetnők. Valamely égi test láthatári parallaxisa pedig különösen azon szöglet, mely alatt a Föld félátmérője vagyis a szemlélő helyéről a Föld középpontjáig húzott vonal látszanék, ha azt az égi testről szemlélhetnők. Ha tehát a Föld félátmérőjének

hosszát s bármely égi testnek láthatári parallaxisát ismerjük, azon égi testnek a Földtől való távolságát is kiszámíthatjuk.

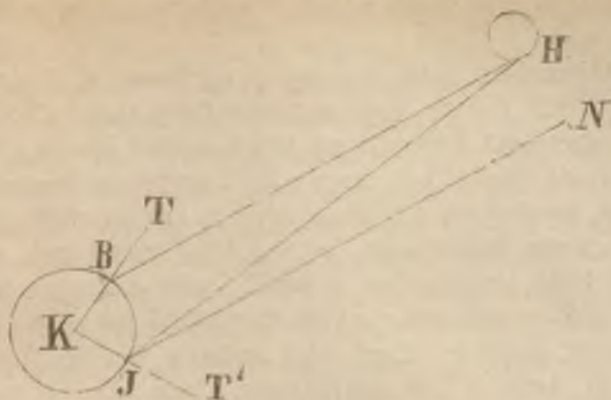
Világos, hogy ha a vizsgált égi test épen a tetőpontban áll, a parallaxis $= 0$, ellenben ha az égi test épen a láthatáron áll, a parallaxis legnagyobb. A szemlélő helyéről a Föld középpontjáig érő vonal ugyan mindig egyenlő hosszú, t. i. egy földi félátmérő, de a mint ez az égi test irányával többé kevesebbé ferdén esik, annál nagyobb vagy kisebb szöglet alatt látszik.

Az idomból láthatjuk azt is, hogy a *B* melletti szöglet annál kisebb lesz, minél távolabb esik az égi test, vagyis hogy a Föld félátmérőjének látszatos hossza az égi testek távolságával aránylag csökken. Azért a parallaxis szögletének meghatározása annál bajosabb, minél távolabb esik az illető égi test.

Valamennyi égi test közül legközelebb a Hold esik, s azért ennek parallaxisát leghamarabb sikerült megtalálni. Ezt már a régiek is megkísérették. Mi most a Föld különböző pontjain tehetünk észleléseket, a régiek azt nem tehették. De tudták, hogy a parallaxis az égi test felkelését mintegy késlelteti, lenyugvását pedig sietteti, a mint ezt az idomból könnyen kivehetjük. Hipparchosz ebből indulván ki határozta meg a Hold távolságát, de mint-hogy a fénysugarak légköri törését nem ismerte, azért tévedett s nagyobbra tette, t. i. 64—72 földi félátmérőre, azaz 58,446 mfdre. Hipparchosz ugyanazon helyről szemlélte a Holdat, de különböző időben; miután a Föld ugyanazon álláspontja különböző időben más-más helyzetben van, egy szemlélő egy helyről is megmérheti a szögletet, melyet két irány a Holdban képez. De jobb, ha egy időben két szemlélő lehetőleg ugyanazon délkör alatt, de egymástól távol fekvő helyekről a Holdnak a délkörön való elvonulását figyel meg. A 18-dik század elején *Krosigk* Berlinben s *Kolbe* a Jóreménység fokán, utóbb 1751. decz. 6-kán *Wargentin* Stockholmban, *Lalande* Berlinben és *Lacaille* a Jóreménység fokán figyelték meg e czélból a Holdat.

Berlin éjszaki szélessége $52^{\circ} 31' 13''$, a Jóreménység foka déli szélessége $33^{\circ} 55' 15''$, tehát a két hely szélességi különbsége $86^{\circ} 26' 28''$.

A 48. idomban *K* a Föld középpontja, *B* Berlin, *J* a Jóreménység foka, *H* a Hold déli széle. *Lalande* szerint Berlinben a Hold déli szélének távolsága a tetőponttól $41^{\circ} 15' 44''$, *Lacaille* szerint pedig ez a távolság a Jóreménység fokán $46^{\circ} 33' 37''$ volt akkor,



48. idom.

midőn a Hold a delkörön átment. Ha a Hold végtelen távolságban volna a Földtől, a B -ből és J -ből feléje irányzott BH és JH vonalak egyenközűek volnának s TBH és $T'JH$ tetőponti távolságok összege egyenlő volna BKJ szöglettel, mely $86^{\circ} 26' 2''$. Ámde a megfigyelt tetőponti távolságok összege $87^{\circ} 49' 21''$, tehát NJH szöglet, valamint az avval egyenlő BHJ szöglet nagysága egyenkint $1^{\circ} 22' 53''$; ez más szóval annyit tesz, hogy BJ húr a Holdról tekintve $1^{\circ} 22' 53''$ -nyi szöglet alatt látszik. Ebből azután kiszámítható a Hold láthatári parallaxisa, vagyis azon szöglet, mely alatt a Holdról tekintve a Föld félátmérője látszik.

Ez a Hold változó távolsága miatt nem mindig egyenlő; legnagyobb értéke $= 61' 32''$, legkisebb értéke $54' 2''$, közepes értéke pedig $57' 20''$. Ebből azután könnyen ki lehetett számítani a Hold távolságát a Földtől, s úgy találták, hogy legnagyobb távolsága 63,62, legkisebb távolsága 55,87, s közepes távolsága 59,95 földi félátmérőt tesz, azaz 51,585 mfldet.

A Nap parallaxisa és távolságának meghatározása. A Hold parallaxisát aránylag könnyű volt meghatározni, mert távolsága aránylag csekély, miértis a Föld két különböző álláspontjáról feléje irányzott vonalak szöglete körülbelül egy fokot tesz; vagyis más szóval, a Föld félátmérője a Hold távolságához képest elég nagy talpvonal. Azért már Hipparchosz közel járt a valósághoz s meghatározását a 17-dik századig egészen helyesnek tarthatták. Másképp van a dolog a Nap tekintetében. Ez sokkal távolabb esik, mint a Hold, s a Föld félátmérője e távolsághoz képest oly csekély

alapvonal, hogy az ennek megfelelő szögletet igen bajos közvetlenül megfigyelni.

Hipparchosz azért más módon igyekezett a Nap távolságát meghatározni. Feltette, hogy az nem végtelen sa azért a Föld árnyéka nem hengeralakú, hanem kúpot képez, s minél kisebb a Nap távolsága, annál inkább kell, hogy a Föld árnyéka a henger alakjától eltérjen, mindinkább megvékonyodjék és csúcsba végződjék. Ebből következtette Hipparchosz, hogy a Föld árnyékának átmetszete már a Hold távolságában is kisebb, mint a henger átmetszete. Tehát holdfogyatkozáskor a Föld árnyékának nagyságát igyekezett megmérni, remélvén, hogy ebből azután a Nap távolságát számíthatja ki. Ámde a Föld árnyékának, a mint a Holdon mutatkozik, igen elmosódott alakja van és határai igen bizonytalanok; azután az egész árnyékot egyszerre nem látni, miért is kiterjedését csak az idő által lehetne megmérni, pontos időmeghatározásokra pedig a régieknek nem voltak alkalmas eszközeik. Mindezeknél fogva Hipparchosz nem érhetette el célját.

A Nap parallaxisának meghatározására a Hold szolgálhat. Mikor a Holdnak éppen fele van megvilágítva, akkor a szöglet, melyet kölcsönös állásaikban a Föld, Nap és Hold képeznek, derék-



49. a) idom.

szöglet. Miután pedig a Földön való szögletet közvetlenül mérhetjük meg, a Napon való szögletet is meghatározhatjuk, mert ez a földi szögletet 90 fokra egészíti ki. Itt a Hold távolsága a Földtől képezi az alapvonalat, s ez ismeretes lévén, valamint a háromszög szöglei is, természetesen a háromszög oldalainak hosszát is kiszámíthatjuk.

Mikor a Hold éppen az első és utolsó negyedben van, akkor megvilágított felét egyenes vonal választja el sötét felétől.

Legyen a 49-dik a) idomban F a Föld, H a Hold, N a Nap. Első és utolsó negyedkor a Napot és Holdat összekötő egyenes vonal függélyes HF vonalra, azaz NHF szöglet derékszöglet, tehát a Földön való β szögletet kell megmérnünk, hogy az N melletti szögletet, mely a Nap

parallaxisa, meghatározhassuk. A Nap távolsága azután könnyen kiszámítható. Elméletben ez egészen helyes. Ámde a gyakorlatban az eredmény nem igen kielégítő. T. i. felette bajos, közvetlen megfigyelések által épen azt a pillanatot meglesni, melyben a Hold fele van megvilágítva, melyben tehát a Hold és Nap középpontjai igazán függélyesen állnak. A Hold nem sima gömb, azért a világitás és sötétség határa nem egyenes, hanem görbe s részint elmosódott vonalt képez. Az így meghatározott parallaxisok értéke tehát nagyon különböző; némelyek 30 perczre tették; e szerint a Nap távolsága ≈ 114 holdtávolsággal. *Riccioli* ellenben 15 perczre tette.

Még *Tycho* is azt gondolta, hogy a Nap távolsága csak 1 millió mfd. *Kepler* törvényei szerint a bolygók viszonylagos távolságai voltak meghatározva, tehát csak egyik vagy másik bolygónak valószínű távolságát a Földtől vagy Naptól kellett kipuhatolni, s ebből azután a többieket ki lehetett számítani. Tudták, hogy a Venusz és Mársz bizonyos időben aránylag igen közel jutnak a Földhöz. Ha tehát egyiknek vagy másikuak parallaxisát bizonyos időre nézve sikerült meghatározni, a Napnak távolságát is lehetett kiszámítani.

A Mársz parallaxisát akkor, mikor szembenállásban van, egyazon helyen való megfigyelések által lehet meghatározni. Ezt legjobban valamely helyen az egyenlítő alatt tehetnők. Ha t. a Mársz állását, pl. szögbeli távolságát valamely állócsillagtól megfigyelnök s azután épen 12 óra múlva az észlelést ismételnők, úgy volna a dolog, mintha az észlelést a Föld átmérőjének két ellenkező pontján tettük volna. Mert a Föld 12 óra alatt félforgást tesz tengelye körül, tehát az egyenlítő bármely pontja 12 óra alatt az ég boltozatára nézve a földi átmérő két ellenkező végére kerül. De ha az észlelést nem tehetjük is épen az egyenlítő alatt, mégis, ismeretes lévén a Föld alakja és nagysága, bármely szélességi kör átmérőjének hosszát kiszámíthatjuk, tehát bármely szélességi kör alatt tesszük is az észlelést, kiszámíthatjuk, mennyit tesz a távolság, melyet vizsgáló helyünk a Föld forgásánál fogva 12 óra alatt megfut. E szerint az itt alkalmazott alapvonal hosszát megtudhatjuk.

A 49. b) idomban a *K* körüli kör a Földet, az *M* melletti kör a Márszt, *S* egy állócsillagot ábrázol. *O* és *O'* az egyenlítő alatt levő ugyanazon vizsgáló hely állásai 12 órai időköz múlva. Tegyük, hogy *S* csillagnak ugyanazon elhajlása van, mint a Mársznak; igeu nagy távolsága miatt a Föld középpontjából s felületének bármely



49. b) idom.

helyeiről feléje vont irányok összeesnek. Midőn a Märsz felkel, akkor O -nál határozzuk meg keletre való távolságát a csillagtól, 12 óra múlva pedig, mikor leszáll, O' -nál figyeljük meg távolságát ugyanazon csillagtól nyugat felé. Ekkép megkapjuk a szögletet, melyet az észlelés két állása közötti vonal befog; ez, ha az észlelés az egyenlítő alatt történik, egyenlő a Föld átmérőjével. Természetes, hogy a megfigyelt szöglet nem adja meg a tulajdonképi parallaxisi szögleteket, mert a 12 óra alatt a Föld nemcsak tengelye körül forog, hanem a Nap körüli pályán is mozog s a Märsz is az alatt előrehalad útjában. E mozgásokat azonban ismerjük és számba vehetjük a szöglet nagyságának meghatározásánál.

A Märsz állásait már többen figyelték meg. Többi között *Wargentin* Stockholmban és *La Caille* a Jöreménység fokán közös megállapodás után figyelték s határozták meg távolságát ugyanazon állócsillagtól, s ebbeli észleléseik eredményéből számították ki a Nap parallaxisát, mely szerintök $10\frac{1}{4}$ másodperczen tenne, úgy hogy a Nap távolsága a Földtől 17 millió mfd volna.

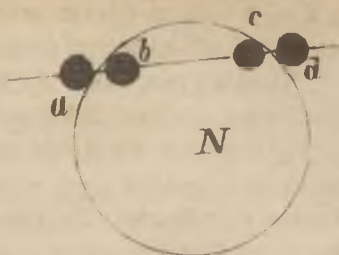
Venusz még inkább közeledhetik a Földhez mint a Märsz, de akkor a Naphoz is nagyon közel áll s ily helyzetében más csillaghoz való állása nem figyelhető meg, tehát parallaxisa sem határozható meg pontosan.

Halley angol csillagász azért azt javasla, hogy a Venusznak 1761-ben és 1769-ben leendő *elvonulásait* a Nap tányéra előtt használják fel a Nap parallaxisának meghatározására.

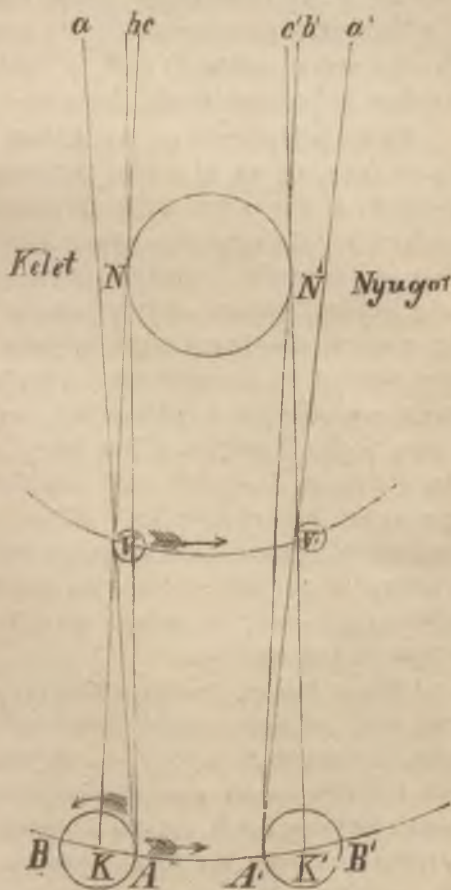
Javaslatára szerint a Venusz elvonulásánál csak négy időmozzanatot kell megfigyelni, t. i. azt, melyben a Venusz a Nap két ellenkező oldalát kívülről és belülről érinti, vagyis a Venusz belépésének és kilépésének kezdetét, hogy ekkép meghatároztassék, meddig tart a tűnemény a különböző helyekre nézve, honnan szemléljük.

A Vénusz mint fekete pont vagy köröcske látszik a Nap fényes tányérán elvonulni, mint az idom mutatja, tehát közönséges távcsővel is jól észlelhető. Meglehet, hogy, nem tudván előre, hol fogja érinteni a Napot, elkésve veszik észre annak érintését *a* pontnál, a Nap *keleti* szélén, de a második mozzanatot, t. i. belső belépését *b*-nél s a harmadik és negyedik mozzanatot, t. i. belső és külső kilépését *c* és *d* pontoknál biztosan lehet meglesni. A belépés meg kilépés idejét különböző helyeken kell megfigyelni, mert a két vagy több helyen tapasztalt időkülömbösből lehet a szögletek nagyságát s a Nap parallaxisát kiszámítani. Tehát csak az kell, hogy azoknak, kik a tünémenyt különböző helyeken megfigyelik, jól járó óráik legyenek. Honan támad az időkülömbőség, a következőkből fog kitetszeni.

Ez idomban NN' a Napot, K és K' a Földnek, V és V' a Vénusznak középpontjait jelentik. A Vénusz és Föld itt az alsó együttállásban vannak, tehát illető pályáikon ugyanabban az irányban, t. i. K felől K' felé s V felől V' felé mozognak, míg a Földnek a Vénusz felé fordított pontja napi forgásánál fogva ellenkező irányban mozog. A két egyenes vo-



50. idom



51. idom.

nal V és V' -nél a Venusz széleit s ugyancsak a két egyenes vonal N és N' -nél a Nap széleit érinti.

Ha ez így van, akkor AVK , valamint $A'V'K'$ szöglet is a *Venusz láthatári parallaxisa*. A két szöglet egyenlő s velök egyenlő az aVc és $a'V'c'$ szöglet is. Ez utóbbi szöglet nagysága az ac , illetőleg $a'c'$ ív által az egen méretik meg, s azért mondhatjuk, hogy ez ív mutatja a Venusz parallaxisát. De hasonlókép ANK vagy bNc szöglet s az egen bc és illetőleg $b'c'$ ív a *Nap parallaxisát* jelenti. Tehát ac a Venusz s bc a Nap parallaxisa, s így ab a kettő közötti különbség, még pedig azon pillanatra nézve, midőn az, ki K felől a Föld középpontjából figyelni meg a dolgot, a Venuszt úgy látná, a mint épen N pontnál a Nap keleti szélén belép. Épen így $b'c'$ is a Napnak és $a'c'$ a Venusznak parallaxisa, s $a'b'$ a kettő közötti különbség azon pillanatra nézve, midőn K' felől, a Föld középpontjából, szemlélve a Venuszt N' pontnál látnók, hol a Nap nyugati szélén épen kilép.

Keleti belépésénél az, ki K felől nézi, a Venuszt c pontnál látja az egen, de az, ki a Föld felületén A pontról nézi, a Venuszt a pontnál, a Nap keleti szélét N pontot pedig, hol a Venusz belépése a Föld középpontjára nézve történik, b -nél látja az egen. Tehát arra nézve, ki A pontról nézi, a Venusz és Nap V és N érintkezési pontjai még az ab ívnyi, azaz a két parallaxis különbségét tevő ívnyi távolságban vannak egymástól, ellenben a K -ből szemlélőre nézve V és N pontok már c közös pontban összeesnének. E szerint ugyanabban a pillanatban, melyben a K -ből szemlélő a Venusz utolsó V pontját a Nap keleti szélén belépni látja, ugyanezen V pont az A pontból való szemlélőre nézve még a két parallaxis egész különbségét tevő ab ívnyivel *keletre* esik a Nap N pontjától. K pontra nézve a Venusz belépése épen kezdődik, A pontra nézve pedig *később* fog bekövetkezni, még pedig annyi idővel később, mint a mennyi idő a Venusznak arra kell, hogy az egen az ab ívet megfussa.

Míg a Venusz azután a Nap tányéra előtt elvonul, mi 5—6 óráig tart, pályáján tovább haladva V pontból V' pontba, a Föld pedig K pontból K' pontba jut. Ugyancsak azon idő alatt az, ki a Föld felületén annak nyugati pontján A -nál állt vala, a napi forgásnál fogva a keleti oldalra A' pontba jut. Abban a pillanatban, melyben a Venusz szélének V' pontja a Föld középpontjából K' -ből szemlélve, a Nap nyugati szélét N' -nél elhagyja, s midőn tehát K' pontra nézve az elvonulás végződik, mivelhogy a V' és N' két

pontot a közös c' pontban az egen összeesni látja, ugyanabban a pillanatban az, ki a Föld felületén A' pontból nézi, a Nap N' pontját b' -ben a Venusz V' pontját pedig a' -nál látja az egen; azaz V' pontot a két parallaxis különbségét tevő $b' a'$ ívnyivel odább nyugatra látja, tehát A' pontra nézve az elvonulás már bevégeződött, még pedig annyi idővel előbb, mint a mennyi a Venusznak kell, hogy az egen $b' a'$ ívet megfussa.

Ezek szerint az A és A' pontból szemlélő a Venusz belépését később s kilépését hamarabb látja, mint az látná, ki a Föld középpontjában állna, még pedig az időkülömbőség mind a belépésnél mind a kilépésnél annyi időt tesz, mennyi a Venusznak kell a megnevezett két ív megfutására. Ez időkülömbőség, mint látjuk, a Venusz és Nap illető parallaxisainak különbségétől, vagyis az ab és $a'b'$ ívek nagyságától függ. Minél nagyobb ez az ív, annál nagyobb az időkülömbőség s minél sebesebben mozog a Venusz, annál kisebb az időkülömbőség. Ha tehát ismerjük a sebességet, melylyel a Venusz mozog s így ki tudjuk számítani, mennyi idő kell neki, hogy az egen 1 foknyi, vagy 1 percznyi vagy egy másodpercznyi ívet megfusson, az észlelt idő mennyiségéből az ab ív, vagyis a parallaxisi különbség nagyságát is kiszámíthatjuk.

A Venusz láthatári parallaxisa 31 másodperczet s a Napé körülbelől 8 másodperczet tesz, a két parallaxis közötti különbség tehát körülbelől 23 másodpercz, a kettős különbség 46". A Venusz mozgási sebessége az elvonulások idején olyan, hogy óránként 234 másodpercznyi ívet fut meg, tehát a 46 másodpercznyi ívet 11.8 időpercz alatt futja meg.

A feljebbiek szerint feltettük, hogy a Venusz elvonulásait két szemlélő figyelte meg, kik közül az egyik a Föld középpontjában állott, kikre nézve tehát az elvonulás tartása különbözik, s épen az időtartás különbségén alapszik az egész számítás. Ámde a Föld középpontjából senkisé megfigyelheti meg a Venusz elvonulását. Azomban miután a Venusz mozgását, s látszatos átmérőjét, valamint a Napnak látszatos átmérőjét is ismerik, ezeknél fogva ki tudják számítani, meddig tart a Venusz elvonulása a Föld középpontjára nézve, még pedig oly jól és pontosan mint pl. a holdfogyatkozások idejét. Tehát csak a Föld felületén kell az elvonulások idejét megfigyelni, s az időkülömbőséget azután könnyen kiszámíthatják.

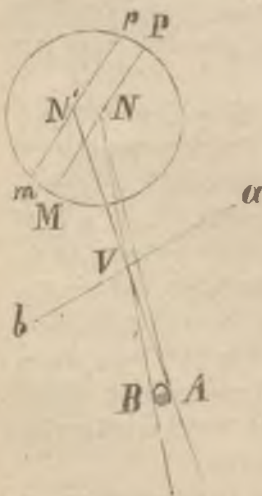
A Venusz elvonulásainak megfigyeléséből táladonkép nem a Napnak parallaxisát számítják ki közvetlenül, hanem a Nap és

Venusz parallaxisainak különbségét. Azonban csak ezt kell ismerünk, hogy a Napnak saját parallaxisát is meghatározhatjuk. Mert *Kepler* harmadik törvénye szerint a bolygók keringési időiknek négyzetei úgy viszonylanak egymáshoz, mint a Naptól való közepes távolságaiknak köbjei. A bolygók keringési időit pontosan ismerjük, tehát föl kell tennünk, hogy a bolygók a Naptól való távolságainak viszonyait is képesek vagyunk meghatározni. De a távolságok e viszonyai az illető parallaxisok viszonyai, mert minden bolygó parallaxisának szinusa egyenlő a Föld félátmértőjével osztva a bolygónak a Földtől való közepes távolságával. Az alsó együttálláskor, midőn a Venusz egyenes vonalba esik a Föld és Nap közé, a Venusz távolsága a Naptól egyenlő a Föld vezérsugarával levonva belőle a Venusz vezérsugarát, úgy hogy ugyanazon időre nézve a két bolygó a Naptól való távolságainak viszonyai, tehát a parallaxisaik viszonyai is pontosan meghatározott mennyiségeknek tekinthetők. Ha pedig két ismeretlen mennyiségnek viszonyait s azonkívül a kettő közötti különbséget is ismerjük, a két mennyiség értékét külön is kiszámíthatjuk. Ha pl. a Venusz és Nap parallaxisa közötti különbség a megfigyelések alapján 23 másodpercnyinek találta, s ha a bolygók keringéseinek elmélete s *Kepler* harmadik törvénye szerint a két parallaxis közötti viszony a Venusz elvonulásakor 3.795, ebből könnyen kiszámíthatjuk, hogy az egyik parallaxis 31.23, s a másik 8.23 másodpercet

tesz, s így mind a Venusz mind a Nap saját parallaxisának értéke meg van.

Ugyanezt a dolgot még könnyebb módon is adhatjuk elő.

Legyen AB a Föld, V a Venusz és N a Nap. A Földet úgy tekinthetjük, mintha a Venusz elvonulásakor egy helyben maradna pályáján s a Venusznak tulajdoníthatjuk az egész különbséget, mely a két bolygó mozgásai között létezik. Legyen tehát aVb az út, melyet a Venusz azon viszonylagos mozgással az egész elvonulása alatt pályáján megfut. A és B a Föld felületén két szemlélő legyen, kik a Föld az ő pályája síkjára függőlegesen álló átmérőjének A és B vég-



52. idom.

pontjain állanak. A Föld napi forgását is mellőzhetjük s úgy vehetjük, mintha a két szemlélő álláspontjai a Nap irányában nem változnának. Ezt feltévé, A szemlélő bizonyos időben a Venusz közép-pontját a Nap tányérán N' -nél, B szemlélő pedig ugyanakkor N -nél fogja látni. Ha már mindkét szemlélőnek vannak oly készülékei, melyek által az N' és N pontok távolságait a Napnak közép-pontjától vagy szélétől pontosan megmérni képesek, akkor a NN' iv nagyságát is meghatározhatják. Minthogy pedig NN' és AB vonalak majdnem egyenközűek, mivel a földpálya síkjára függőlegesen állnak, a következő aránylat támad:

$$NN' : AB = NV : VB.$$

NV = a Venusz távolsága a Naptól s VB = a Venusz távolsága a Földtől; már pedig a Venusz elvonulásakor $NA = 0.68$ és $VB = 0.27$, ha t. i. a Földnek távolságát a Naptól 1-nek vesszük. Tehát.

$NN' : AB = 68 : 27$ vagy majdnem $= 5 : 2$. Azaz NN' iv a Nap felületén oly nagy, hogy $\frac{1}{2}$ -szer akkora mint AB a Föld átmérője. Ez iv tehát másodperczekben kifejezve $\frac{1}{2}$ -szer nagyobb mint az az iv, mely alatt a Föld átmérője a Napról tekintve látszanék, vagyis $NA N'$ szöglet $\frac{1}{2}$ -szer nagyobb, mint BNA szöglet. Ez utóbbi szöglet pedig a Napnak kettős parallaxisa. Tegyük, hogy NN' iv az észlelés szerint 40 másodpercznyi, tehát NAN' szöglet is akkora volna, ebből aztán következne, hogy a Nap kettős parallaxisa $40 \times \frac{1}{2} = 10$ másodpercz, tehát a Nap parallaxisa = 8 másodpercz volna.

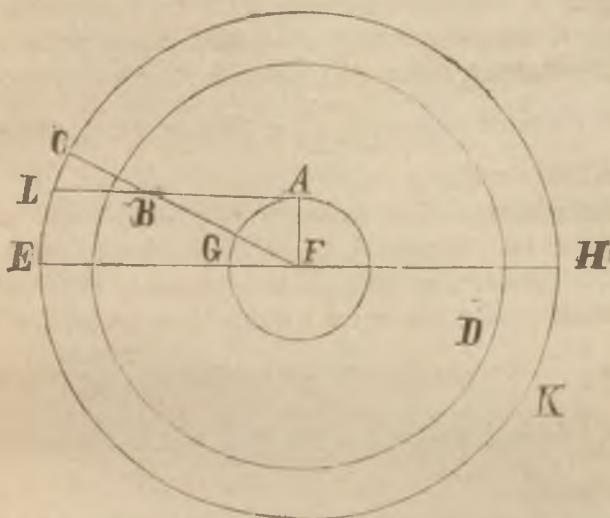
A csillagászok *Halley* indítványát és javaslatát helyesnek találván különböző vidékekre utaztak, hogy a Venusznak 1761-diki jun. 5-dikén való elvonulását megfigyeljék. Minthogy akkor a Föld északi sarka volt a Nap felé fordítva, a tünneményt az északi sarkvidékeken lehetett legjobban megfigyelni. Azonban a megfigyelések eredményei nem voltak kielégítők, a szerintök kiszámított parallaxisa a Napnak $8\frac{1}{2}$ és 10 másodpercz között ingadozott. Mindnyáján először látták vala az érdekes tünneményt, s részint a meglepetés, részint a használt távcsövek tökéletlensége miatt az elvonulás kezdetét és végét nem figyelhették meg keliő szabatosággal. Azért az 1769 június 3-kán újra beállott tünnemény megfigyelésére nagy buzgalommal készültek. A kormányok nem kimélték a költséget, a csillagászok nem restelték a kietlen zord vidékekre való utazást. Az északi fokhegyen Fimmark tarto-

mányban, a Fehér tenger partján, Szibériában, Indiában, Afrikában, a Hudzon-öbölnél, a Csendes világtengerben voltak a csillagászok és tapasztalt hajóstisztek állomásai. *Hell Mátyás*, bécsi csillagász ki a dán kormány által volt kiküldve, Wardöbüzban Finnországban egyik legjelentősebb állomáson volt, s ő, nem tudni, mi okból, meghamisítá az észlelések eredményeit. Ifjabb *Littrow* bécsi csillagász felfedezvén a hamisítást, a mennyiben tőle kitelt, az eredeti adatokat állítá helyre. *Eneke* e körülmény tekintetbe vételével számítá ki az 1769-diki észlelések eredményeit, s úgy találá, hogy a Nap parallaxisa 8.57116 másodperc, azaz hogy a Napról tekintve a Föld félátmérője ily csekély szöglet alatt látszanék. E szerint a Nap távolsága 20.668,129 mfdet tenne. Ezt a számot helyesnek tartották többnyire, de csakhamar többféle körülményeket vettek észre, melyekből következtetni kellett, hogy a Nap távolsága kelleténél nagyobbra tétetett.

Tehát megint a Märsz bolygóra fordíták figyelmöket s azt minél távolabb helyekről figyelték meg egyidejűleg. *Henderson* a Jöreménység fokán, *Pond* Greenwich-ben figyelték meg a Märszt; szerintök a Nap parallaxisa 9.015 másodpercet tenne. *Winnecke* indítványára 1860-ban, midőn a Märsz különösen nagyon közel állott a Földhez, Europa éjszaki s Afrika és Amerika déli részeiben többen igen szorgalmasan figyelték meg azon bolygó állásait; s e szabatos észlelések eredménye szerint a Nap parallaxisa 8.96 másodperc. *Stone* és más csillagászok más módokat követve majdnem ugyanazon eredményre jutottak. t. i. a Nap parallaxisa *Stone* szerint 8.93, *Foucault* szerint 8.96, *Hansen* szerint 8.91 másodpercet tesz. Úgy látszik tehát, hogy a Venusznak 1761 és 1769-diki elvonulásaiból nyert és *Eneke* által kiszámított eredmény csakugyan helytelen s hogy a Nap távolsága nem tesz 20.000,000 mfdet. Egyébiránt a régibb és újabb meghatározások szerinti különbség csak $\frac{2}{5}$ másodperc, azaz annyi, mennyi egy hajszál vastagsága 125 lábnyi távolságról nézve.

Azért nem csoda, hogy a Venusz legközelebbi 1874-ben leendő elvonulásainak pontos megfigyelésére már most is minden oldalról készülnek. A Nap parallaxisának szabatos meghatározása a legfontosabb feladat azért, mert a Föld közepes távolsága a Naptól azon mérték, melylyel a csillagászok a többi távolságok meghatározására és kifejezésére élnek, s attól függ a többi bolygók távolságának szabatos meghatározása is.

A távolság kiszámítása a parallaxis alapján. Ha valamely égi test parallaxisa pontosan meg van határozva, a távolságát könnyű kiszámítani. A Hold és Nap parallaxisánál alapul a Föld félátmérője szolgál, azaz a parallaxisi háromszög talpvonala a Föld félátmérője.



47. idom.

A 47-dik idomban ABF háromszögben AF osztva FB -vel $=$ ABF szögletnek szinusz, tehát $AF = \text{szinusz } ABF \text{ szorozva } FB$ által; de ha $\text{szinusz } ABF$ és FB szorzata $= AF$, viszont $FB = AF$ osztva $\text{szinusz } ABF$ által. Ebből következik, hogy bármely égi testnek távolságát a Föld középpontjától megtaláljuk, ha a Föld félátmérőjét a láthatári parallaxis szinuszával felosztjuk.

Tegyük, hogy Encke szerint a Nap láthatári parallaxisa $8.5''$; az illető táblázatok szerint $8.5''$ szinusa $= 0.000112096$, evvel kell tehát a Föld félátmérőjét, melyet 1-nek veszünk, felosztani. Ha megteszszük, 24,266 lesz a hányados, tehát a Nap távolsága a Föld középpontjától $= 24,266$ földi félátmérő $= 20.668,129$ mfd.

A Hold közepes parallaxisa $57' 19.9''$, tehát közepes távolsága 59.95 földi félátmérő.

E számításokat másképp is tehetjük meg. Egyenlő szárú háromszögben, ha a talpvonallával átellenben eső csücszöglet

kicsiny. s tehát a talpvonal hossza is aránylag csekély, ezt nagy hiba nélkül oly görbe vonalnak tekinthetjük, mely a háromszög csücske körül egyik szárral mint sugárral vont *körnek íve*. Ha a csücsszöglet s a körívnek tekintett talpvonal nagyságát ismerjük, az illető kör egész körületét, ebből pedig sugarának hosszát, vagyis ez esetben a háromszög szárának hosszát is kiszámíthatjuk.

Legyen pl. a csücsszöglet, mely a körülte vont körben középonti szögletté lesz, 30 percznyi, a talpvonal hossza pedig 10 mfd, akkor a kör körülete, azaz $360 \text{ fok} = 2 \times 360 = 720 \times 10 = 7200 \text{ mfd}$, e körnek átmérője $= \frac{7}{22} \times 7200 = 2290.9$, tehát félátmérője $= 1145.4 \text{ mfd}$.

Láttuk, hogy a Hold láthatári parallaxisa kerék számmal 57', tehát a 48-dik idomban (l. 241. l.) a háromszög csücsszöglete ismeretes, két szárát nagy hiba nélkül egyenlőnek, talpvonalát körívnek tekinthetjük. A kör egész körülete $360^\circ = 21,600'$, a Hold parallaxisa 57' levén, a keresett kör kerülete $= \frac{21600}{57} = 379 \text{ földi}$

félátmérő, e körnek átmérője $= 379 \times \frac{7}{22} = 120$, félátmérője $= 60$ földi félátmérő.

Ha egyik főbolygó, pl. a Föld távolságát a Naptól ismerjük, Kepler harmadik törvénye szerint a többi főbolygók távolságát kiszámíthatjuk. (Lásd 113. lapot).

Az égi testek nagyságának meghatározása. Az égi testek nagyságát sokkal könnyebben lehet meghatározni, mint távolságukat megmérni. Ámde azt ismernünk kell, hogy látszatos nagyságukból valóságos kiterjedéseket számíthassuk ki. Magától értődik, hogy nagyságát csak oly égi testeknek határozhatjuk meg, melyek kisebb nagyobb gömböknek, tányéroknek látszanak s tehát *mérhető látszögletet* szolgáltatnak. Ilyen égi testek csak azok, melyek a naprendszerhez tartoznak; az állócsillagok mindig csak apró pontocskáknak látszanak, melyeknek átmérőjét még nem lehetett biztosan megmérni, s azért sem látszatos, sem valóságos nagyságukat még akkor sem határozhatnók meg, ha távolságukat ismernők.

A látszöglet, mint tudjuk, a tárgyak látszatos nagyságát mutatja, t. i. azt a nagyságot, melylyel átmérőjük, illetőleg félátmérőjük, bizonyos távolságban bir. A látszöglet mekkorasága a tárgy nagyságától és távolságától függ; minél nagyobb a való-

ságban valamely tárgy, annál nagyobb a látszöglete, de minél nagyobb távolságban van a szemlélőtől valamely tárgy, annál kisebb a látszöglete.

Már a régiek tudták, hogy a Nap látszatos átmérője, azaz látszöglete, vagyis a szemtünkből a Nap két ellenkező szélére vont két iránynak hajlása, különbsége, körülbelől 30 ívperczet tesz. Most pontosabb mérések szerint tudjuk, hogy a Nap látszöglete a szerint változik, a mint a Föld a naptávolban vagy napközben van, s nyár elején $31\frac{1}{2}$, tél elején $32\frac{1}{2}$, tavasz és őszelejen pedig 32 perczet tesz. Tehát a Nap látszatos átmérője átlag véve körülbelől 32 percznyi, vagyis 1920 másodpercznyi.

Abból, mit a Nap parallaxisáról előadtunk, azt is tudjuk, hogy a Föld félátmérője a Napról tekintve körülbelől $8\frac{1}{2}$ másodpercznyi szöglet alatt látszanék, tehát a Föld egész átmérője a Napról szemlélve 17 másodperczet tenne. Már pedig önkényt értődik, hogy bármely két testnek látszatos átmérői, midőn a távolság ugyanaz, úgy viszonylanak egymáshoz, mint valóságos átmérőik. Tehát a Nap valóságos átmérője úgy viszonylik a Föld átmérőjéhez, mint 1920 : 17, vagyis mint 112.9 : 1. E szerint a Nap valóságos átmérője körülbelől 113-szor nagyobb mint a Földé; ha ez 1719 mfdnyi, a Napé 194,237 mfdnyi.

A Hold látszatos átmérője a földtávolban $29' 32''$, a földközben $32' 58''$ -nyi szöglet alatt látszik. Látszatos átmérője tehát átlag véve körülbelől 31 perczet tesz, csak valamivel kisebb mint a Napé. A Hold láthatári parallaxisa $57' 20''$, azaz a Föld félátmérője a Holdról szemlélve $57' 20''$ -nyi szöglet alatt látszanék. E szerint a Föld átmérője a Holdéhoz úgy áll, mint $1^\circ 54' 40'' : 31'$, azaz mint 6880 : 1860, vagyis mint 3.7 : 1. E szerint a Föld átmérője 3.7-szer nagyobb mint a Holdé. Ha tehát a Föld átmérője 1719 mfd, a Holdé 464 mfdet tesz. Ha a látszatos félátmérőt, vagyis azon szögletet vesszük, mely alatt a testek félátmérői látszanak, akkor ezt a szögletet csak az illető test távolságával szorozva a szám: 0.000004848-czal kell szoroznunk s az így nyert szorzat az illető égi test valóságos félátmérőjének hosszát mfdekben fejezi ki.

Ismervén valamely égi test valóságos átmérőjét, felületének kiterjedését és térfogatát is kiszámíthatjuk. Ugyanis az égi testek mind gömbök; a különböző nagyságú gömbök felületei pedig úgy viszonylanak egymáshoz, mint átmérőik négyzetei, s térfogataik úgy viszonylanak egymáshoz, mint átmérőik köbei. Tehát a Nap

felülete 12,769-szer, térfogata pedig 1.442.897-szer nagyobb mint a Földé. A Hold felülete pedig 13.69-szer s térfogata 50.65-szor kisebb mint a Földé.

Az égi testek viszonylagos tömegének vagyis anyagmennyiségének meghatározása. A bolygók és Nap viszonylagos anyagmennyiségét az általános vonzás törvényei szerint számíthatjuk ki. A Föld összes vonzásának hatályát, eredményét a szabadon eső testek sebességéből, vagyis az általuk bizonyos időegységekben megfutott út hosszából ítéldhetjük meg. Földünkön a szabadon eső testek fokozatosan növekedő, azaz gyorsított sebességgel mozognak, még pedig az időegységek négyzetes arányában. Tapasztalásból tudjuk, hogy az eső testek általán s kerék számmal véve az első másodperczen 15 lábat esnek; a gyorsított sebességnél fogva a második másodperczen 4-szer, a harmadik másodperczen 9-szer s így tovább, a tizedik másodperczen 100-szor 15 lábat esnek. Az esési törvényt már *Galilei* fejtette meg, s minden természettanban adják elő.

Newton vizsgálódásai megmutatták, hogy a vonzás hatálya a testek anyagmennyiségével vagyis tömegével egyszerű arányban növekedik, távolságuk növekedtével pedig négyzetes arányban fogy, azaz hogy a testek vonzása tömegükkel egyszerű és egyenes, távolságukkal pedig négyzetes és megfordított arányban van. Minthogy a természetben mindig több testnek vonzását és vonzatását hasonlítjuk össze, azért általában a testek kölcsönös vonzásának törvényét úgy is fejezhetjük ki: *minden testnek vonzása egyenlő az ő tömegével, felosztva távolságának négyzetével.* Az égi testek távolságának összehasonlításánál a csillagászok a Föld félátmérőjét szokták alapmértékül, egységül venni. A Föld vonzásának meghatározására tehát a különböző távolságok szerint a következő számokat nyerjük: 1, 2, 3, 10, 20, 30, távolságok négyzetei által osztva $15 = 15$, $3\frac{3}{4}$, $1\frac{6}{9}$ 0.15, 0.04, 0.02 láb stb. Szaturnusz tömege körülbelől 100-szor nagyobb, mint a Földé, tehát vonzásának hatályát a rajta kívül levő testekre kiszámíthatjuk, ha tömegét $= 100 \times 15 = 1500$ a Föld félátmérőiben kifejezett távolságok négyzetével felosztjuk. E szerint Szaturnusz vonzása oly testekre, melyek középpontjától pl. 10, 20, 30 stb. földi félátmérőnyi távolságban vannak, 15, $3\frac{7}{10}$, $1\frac{7}{10}$ stb. lábat tesz.

Ezek szerint kiszámíthatjuk azt is, mekkorát esnek a testek a különböző bolygóknak vagy a Napnak felületén, ha viszonylagos

tömegüket ismerjük. A Hold tömege 81 szer kisebb, mint a Földé, vagyis ha ennek tömegét 1-nek vesszük, a Hold tömege 0.0125. A Hold félátmérője $3\frac{2}{3}$ -dal kisebb mint a Földé, t. i. 228, a Földé pedig 859 mfd, tehát ha ezt 1-nek vesszük, amaz 0.2651. A Föld vonzása 15 osztva 1-nek négyzetével = 15, a Hold vonzása pedig ugyanazon testekre és távolságban a 15-nek 81-ed része vagyis 0.1875 osztva 1-nek négyzetével. Tehát a Hold vonzása $\frac{1}{10}$ földi félátmérőnyi távolságban levő testekre = 18.75 láb, $\frac{2}{10}$ földi félátmérőnyi távolságban levő testekre = 4.69, $\frac{3}{10}$ földi félátmérőnyi távolságban = 2.08, s így a középpontjától 0.2651 földi félátmérőnyi távolságban, azaz a felületén levő testekre = 2.5 láb. Vagyis a Hold vonzása saját felületén, azaz $3\frac{2}{3}$ -dal kisebb távolságban $\frac{121}{9}$ -szer nagyobb mint a Föld félátmérőjének távolságában, de tömege 81-szer kisebb lévén, e viszony támad: $\frac{121}{9} \times \frac{1}{81} = \frac{121}{729}$, s ennyivel kisebb a Hold vonzása saját felületén, mint a Föld vonzása az ő felületén. E szerint a Hold felületén a testek az első másodperczben $\frac{121}{729} \times 15 = 2.5$ lábat esnek, mi 15-nek $\frac{1}{6}$ -része.

Épen így a többi bolygókra is kiszámíthatjuk az esést, ha tömegüket és átmérőjüket ismerjük s a Föld tömegével és átmérőjével összehasonlíthatjuk. Szaturnusz tömege majdnem 100-szor, átmérője pedig körülbelül 10-szer nagyobb mint a Földé, felületén tehát a vonzás = 100×15 osztva 10×10 által = 15, vagyis Szaturnusz felületén a testek az első másodperczben 15 lábat esnek, úgy mint a Földön. Jupiter tömege körülbelül 338-szor, félátmérője 12-szer nagyobb mint a Földé, a Nap tömege 354,000-szer, félátmérője 112-szer nagyobb, mint a Földé, ellenben Mársz tömege csak 0.12, átmérője 0.5 részét teszi a Földének, tehát Jupiter felületén 35, a Napén 430, Márszén 6 lábat esnek a testek az első másodperczben.

A bolygók és Nap e viszonylagos vonzása vagyis a testeknek az ő felületükön való esési sebessége meghatározza azt, a mit *súlynak* nevezünk, mi nem egyéb, mint a *nyomás*, melyet a testek arra gyakorolnak, a mi őket tartja. E szerint azt is meghatározhatjuk, hogy mennyit nyomnak a testek az egyes bolygókon. Oly test, mely a Földön pl. egy fontot nyom, a Holdon csak $\frac{1}{6}$, ellenben Jupiter felületén 2.5, a Nap felületén 28.5 fontot nyomna. Méréseinkkel ugyan ott meg nem mérhetnők, mert a súly és megmázsá-

landó test egyaránt változik a vonzás hatálya szerint, tehát a mérleg serpenyőiben az egy fontnyi súly s az annyit nyomó test is egyaránt esökvén vagy növekvén, a különbség nem volna észrevehető. De az erő, mely pl. a Hold felületén oly testnek, mely a Földön egy fontot vagy egy mázsát nyom, hordására vagy elmozdítására kell, csak $\frac{1}{6}$ -dát tenné annak, mely a Földön szükséges.

Ha a bolygók vonzásának felületükön való hatályát ismerjük, könnyen kiszámíthatjuk azt is, micsoda erővel, illetőleg sebességgel kellene valamely testet kilőni, hogy a test vagy a bolygó körül keringjen, annélkül hogy arra visszaessék, vagy a szomszéd bolygó hatáskörébe jusson. Ez pl. ágyúgolyóval akkor történnék, ha képesek volnánk azt oly erővel kilőni, hogy az az első másodperczen oly sebességgel röpköljön, mely egyenlő azon számmal, melyet nyerünk, ha a sebességet, melylyel a testek az első másodperczen esnek, a Föld átmérőjével szorozzuk s a szorzatnak másodgyökét veszszük. A testek esése a Földön 15 láb, a Föld átmérője 39.264,000 láb, a két szám szorzata = 588.960,000, ennek másodgyöke 24,268*). Tehát az ágyúgolyót oly erővel kellene kilőni, hogy az első másodperczen 24,268 lábnyi sebességgel repüljön, akkor röpereje ellensúlyozná a Föld vonzását, a golyó ugyan 15 lábat esnék a Föld középpontja felé, de felületét el nem érhetné. mert görbülete 24,268 lábnyi távolságban szintén 15 lábat tesz, tehát a golyó folyvást egyenlő távolságban a Föld körül keringene. Ámde a mostani eszközeinkkel kilőtt ágyúgolyók legfeljebb 700 lábnyi sebességgel repülnek az első másodperczen. A Holdon csak a 24,268-nak $\frac{1}{6}$ -dával, tehát körülbelül 4000 lábnyi sebességgel kellene kilőni az ágyúgolyót, hogy körülte keringjen.

Némelyek azt vélték, hogy a meteorkövek a Holdon levő tűzhányó hegyek által löveltetnek ki. Tudván, hogy a Föld és Hold vonzásának hatályai ugy viszonylanak egymáshoz, mint tömegeik osztva a távolság négyzetével, kiszámíthatjuk, micsoda távolságban kellene a könek lennie egyfelől a Földtől másfelől a Holdtól, hogy a két világtest által épen egyenlő erővel vonzassék. E távolság a Hold középpontjától 7 s tehát a Földtől 53 földi félátmérőt tenne. A Holdról kilövelt könek oly sebességgel kellene

* Az egyenlítőn a testek 1 másodperc alatt 2167 párisi vonalt esnek, a Föld forgása nélkül 2174 vonalt esnének; a forgás okozta röperő a testeket 1 másodperc alatt 7 vonalnyira hajtja; ha a Föld 17-szer sebesebben forogna, a testek nem esnének le a Földre, a röperő ellensúlyozná a vonzást.

repülnie, hogy az első másodperczben 8290 lábat fusson, tehát 12-szer nagyobb sebességgel induljon meg, mint a kilőtt ágyugolyó. Ha valamely test csak kissé nagyobb sebességgel löveltetnék ki a Holdról, csakugyan a Föld túlnyomó vonzásának hatáskörébe jutna s a Földre esnék. S ha csakis a Föld által vonzatnék s ennek légköre által esési sebessége nem kisebbítették, az 53 földi félátmérőnyi utat 2 óra és 18 percz alatt futná meg s a Földre oly sebességgel érne, mely az utolsó másodperczben 251,028 párisi lábat tenne. De ha számba vesszük a vonzást, melyet a Hold a Föld felé eső testre is folyvást gyakorolna, úgy találjuk, hogy az az 53 földi félátmérőnyi utat csak körülbelöl 64 óra alatt futná meg.

Lássuk már most, hogyan lehet a különböző égi testek viszonylagos anyagmennyiségét, azaz tömegüket a Földéhez hasonlítva meghatározni.

Láttuk, hogy a vonzás, melyet bármely test más, rajta kivül levő testre gyakorol, akkora mint azon testnek anyagmennyisége osztva a vonzott testtől való távolságának négyzetével. Ha ez igaz, megfordítva is áll a dolog, hogy t. i. *a vonzó test tömege egyenlő az ő vonzásával szorozva a távolság négyzete által.* Ha tehát valamely égi testről tudjuk, hogy bizonyos távolságban mekkora vonzást gyakorol, anyagmennyiségét is meghatározhatjuk.

A vonzás hatályát, mint láttuk, az mutatja meg, hogy mennyit esik egy másodpercz alatt a vonzott test a vonzó felé; ezt, hogy mennyit tesz ezen esés, úgy találjuk meg, ha a vonzó és vonzott testek egymástól való távolságát a vonzott test által a vonzó körül egy másodpercz alatt megfutott ívnek (szögletbeli mozgásának) fél négyzetével szorozzuk; ez ívet végre úgy találjuk meg, ha a kör okainak számát, azaz 360 a vonzott testnek órákban kifejezett keringési ideje által felosztjuk s az így nyert hányadost 0.000034381 által szorozzuk. Ez utóbbi szám t. i. azt a félátmérőt fejezi ki, mely egy másodpercznyi szöglet ívének felel meg. T. i. egy körben 360 fok, illetőleg 1,296,000 másodpercz levén, s a kör körületének hossza egyenlő levén 3.1415926 átmérővel, természetesen a félkör körülete $= 3.1415926$ félátmérő, tehát egy félkörnyi, azaz 648,000 másodpercznyi szögletnek 3.1415926 félátmérőnyi ív felel meg.

Ha ezek szerint számítjuk ki a világtestek tömegét, nagy számsorokat kell alkalmaznunk. De megrövidíthetjük a miveletet, ha Newton szabályát követjük, mely szerint az égi testek anyagmennyiségei a vonzott testek távolságainak köbszámaival egyenes

s ugyanezen testek keringési idejének négyzetével megfordított arányban vannak. (L. 115. lap).

Tehát a vonzó test tömege egyenlő a bizonyos idő alatt a vonzott test által megfutott iv négyzetének s a távolság köljének szorzatával.

Határozzuk meg e szerint a Föld és Nap viszonylagos tömegeit.

A Föld 365.25636 nap alatt futja meg Nap körüli pályáját, tehát keringési szöglete egy időbeli másodperc alatt 0.0411 ívbéli másodpercet tesz. A Föld távolsága 399.2-szer nagyobb mint a Hold távolsága a Földtől. Tehát a Nap tömegét megtaláljuk, ha 0.0411 egyszer s 399.2 kétszer szorozzuk magával s a két szorzatot ismét egymással szorozzuk. E szorzat = 107,430. A Hold 27.3216614 nap alatt futja meg a Föld körüli pályáját, tehát szögletbeli mozgása egy időbeli másodperc alatt 0.549 ívbéli másodpercet tesz. A Hold távolsága a Földtől itt egynek vétetik, tehát a Föld tömege = $0.549 \times 0.549 = 0.301,400$, ez szorozva az 1-nek köbjével = 0.301,400. Ebből következik, hogy a Nap tömege úgy viszonylik a Föld tömegéhez, mint 107,430 : 0.301,400, vagy kerék számmal mint 359,000 : 1.

Epen így lehet a többi bolygók tömegeit is meghatározni, melyeknek holdjaik vannak. Pl. Jupiter negyedik holdja főbolygója körüli pályáját 16.689 nap alatt futja meg, tehát az egy időbeli másodperc alatt megtett szögletbeli mozgása 0.3988 másodpercnyi; távolsága Jupitertől 260,287 mfd; a Földnek távolsága a Naptól 79.46-szor nagyobb és szögletbeli mozgása egy időbeli másodperc alatt 0.411 ívbéli másodperc. E számnak négyzete szorozva 79.46 köbjével = 847.47, mi a Nap tömege. A feljebb említett 0.3988-nak négyzete szorozva az 1-nek köbjével = 0.80736, mi a Jupiter tömege. Tehát a Nap tömege úgy áll Jupiter tömegéhez, mint 847.47 : 0.80736, vagyis mint 1149 : 1. Hasonló számítással kisütötték, hogy Szatur-

nusz tömege $\frac{1}{3590}$ s az Uranuszé $\frac{1}{20900}$ részét teszi a Nap tömegének.

Látni való, hogy a tömegek ilyképeni meghatározása tulajdonkép abból áll, hogy két vonzó, központi testre nézve azt határozzák meg, mennyit esnek egy másodperc alatt az általuk vonzott testek, s hogy azután a két testen való esést egyenlő távolságra számítják át. Így a Nap a Földnek, ez meg a Holdnak központi teste, ugyancsak a Nap a Jupiternek s ez az ő négy holdjának központi teste. De így lehet a Föld középpontját is az ő felületén szabadon eső testekre nézve központi testnek tekinteni, s miután

tudjuk, mennyit esnek a testek a Föld felületén, már ebből a Hold mellőzésével is kiszámíthatjuk a Nap tömegét. A testek a Föld felületén az első másodperczen 15 lábat esnek, s e testek távolsága a Föld középpontjától = 1 földi félátmérő. Ha pedig e testek oly távolságban volnának mint a Nap a Földtől, távolságuk a Föld középpontjától 4,000-szer nagyobb volna, tehát az első másodperczen esésük csak akkora volna, mint 15 osztva 24,000 négyzetével, azaz esésük a Föld középpontja felé 0.0000026042 lábat tenne. Ámde a Föld az ő központja, a Nap felé, egy másodperczen 0.009382 lábat esik, tehát a Nap tömege ugy áll a Föld tömegéhez, mint a két utóbbi szám egymáshoz, vagyis mint 359,000 : 1.

A Hold viszonylagos tömegének meghatározásában *Bernoulli* a tenger dagályát és apályát vette alapul. T. i. a tenger dagálya, mint láttuk, különböző magasságra emelkedik egyazon helyen, a mint a Hold és Nap vonzása együtt vagy ellenkezőleg működik. *Bernoulli* pontosan megmérte a dagály különböző magasságait, s ugy találta, hogy a Hold által okozott dagály 2.5-szer nagyobb, mint a Nap okozta dagály. Minthogy pedig a vonzás hatálya egyenlő időben a távolság köbszáma arányában fogy, s a Nap kerék számmal 400-szor távolabb esik a Földtől mint a Hold, azért a Nap

összes vonzásának ereje a Föld felületén csak $\left(\frac{1}{400}\right)^3 = \frac{1}{64.000.000}$

részét teheti annak, mi a Nap felületén. A tenger dagálya szerint a Hold vonzása a Föld felületére nézve $2\frac{1}{2}$ -szer nagyobb, mint a

Napé, tehát a Hold ezen vonzása $2\frac{1}{2} \times \frac{1}{64.000.000} = \frac{1}{25.600.000}$

részét teszi azon vonzásnak, melyet a Nap saját felületén gyakorol.

Azaz a Nap vonzása egyenlő távolságban 25.600,000-szer, tehát tömege is annyiszor nagyobb mint a Holdé. A Föld tömege, mint

láttuk, csak $\frac{1}{359,000}$ részét *) teszi a Nap tömegének, tehát a Föld

tömege a Holdéhoz úgy viszonylik, mint $\frac{1}{359,000} : \frac{1}{25.600.000}$, azaz

mint 25.600,000 : 359,000, vagyis mint 74.9 : 1. E szerint a Föld

tömege 74.9-szer nagyobb mint a Holdé. Pontosabb meghatározások szerint a Föld tömege 80-szor vagy 81-szer nagyobb, mint a Holdé.

*) Különböző meghatározások szerint a Nap tömege 321 000 – 365,000-szer nagyobb mint a Földé.

Azon bolygóknak tömegét, melyeknek nincsenek holdjaik, az úgy nevezett háborgatásokból vagyis az általuk más égi testekre gyakorolt vonzásából számítják ki. De ennek bővebb előadásába itt nem bocsátkozunk.

Képesek vagyunk tehát a Nap és bolygók viszonylagos anyagmennyiségét vagyis tömegét meghatározni; s miután azt is tudjuk, mi a Földnek átlagos tömötsége, sőt általános súlyának mennyiségét is kiszámíthatjuk, a Nap és bolygók átlagos tömötségét és általános súlyát is meghatározhatjuk, csak nagyságukat kell ismernünk.

Ha az égi testek távolságát a Földtől ismerjük, csak azoknak látszögletét, vagyis azt a szögletet kell meghatározunk, mely alatt azon testek félátmérője látszik. E szögletet azután az illető távolsággal s a feljebb említett 0.000004848 által kell szoroznunk, s az így nyert szorzat az illető égi test valóságos nagyságának félátmérőjét mfdekben fejezi ki. Pl. a Nap félátmérője 960 másodpercnyi szöglet alatt látszik nekünk, s távolsága 20.000,000 mfd, tehát a Nap igazi félátmérője 96,000 mfd, s így 112-szer nagyobb mint a Földé. Ezt már a 253-dik lapon is előadtuk, valamint azt is, hogy a különböző nagyságú gömbök feltületei úgy viszonylanak egymáshoz, mint félátmérőik négyzetei, s térfogataik úgy, mint félátmérőik köbei.

Ha végre az égi testek térfogatát és tömegét ismerjük, átlagos tömötségüket is kiszámíthatjuk. Mert minden test tömötségét azon viszony fejezi ki, melyben annak tömege és térfogata áll; a test tömötsége ugyanazon arányban növekedik, melyben tömege egyenlő terfogattal, vagy melyben térfogata egyenlő tömeggel fog. Röviden a testek átlagos tömötségét megkapjuk, ha tömegök mennyiségét térfogataikkal felosztjuk.

Kepler megmutatta, hogy a bolygók keringési időinek négyzetei úgy viszonylanak egymáshoz, mint a Naptól való távolságaik köbszámai. Newton pedig megmutatta, hogy a világtestek tömegei az általuk vonzott testek távolságának köbszámaival egyenes, keringési időiknek négyzetével pedig megfordított viszonyban vannak. Legujabban egy olasz tudós, *Settimani* azt bizonyítottat-

ja*), hogy a bolygók, nevezetesen a Markuriusz, Föld és Szaturnusz viszonylagos nagyságai is úgy viszonylanak egymáshoz, mint a Naptól való távolságaik köbszámai, vagy mint keringési idők négyzetei, s hogy továbbá a Hold, Föld és Nap nagyságait, térfogatait, tömegeit, tömötségeit, parallaxisait stb. is *egyedül keringési időiknek viszonyából lehet kiszámítani*, hogy mindezen csillagászati elemek meghatározása tisztán csak matematikai művelet és semmi csillagászati észlelés nem kívántatik hozzá. Számításai szerint, ha a Földet *egynek* vesszük, a Hold átmérője 0.273, a Napé 108.369, amannak felülete 0.0748, emezé 11,743.93, amannak térfogata 0.0204, emezé 1.272,684.06, amannak tömege 0.013, emezé 352,577.1. amannak tömötsége 0.653, emezé 0.277, a testek súlya amazon 0.178, emezen 30.022. Továbbá Settimani számításai szerint a Hold átlagos láthatári parallaxisa $56' 57.96''$, a Nap átlagos láthatári parallaxisa $8.867''$. A Hold látszates átmérője a Földről tekintve $31' 9.615''$, napnyi távolságról tekintve $4.85''$, a Nap látszatos átmérője a Földről tekintve $32' 2.025''$, vagyis $1922.025''$.

A Föld átlagos tömötségének és súlyának meghatározása. Miután a Föld nagysága meg volt mérve, annak súlyát vagyis átlagos tömötségét is meg kellett határozni. Erre háromféle vizsgálatok szolgáltak. Csillagászati és földmérési (geodesiai) munkálatoknál észrevették, hogy hegyek közelében a piom iránya eltér a függélyes vonaltól vagyis a tulajdonképi súlyiránytól, továbbá az ingakísérletek alkalmával tapasztalták, hogy a másodperc-inga hossza a mélyen fekvő síkságokon és a magas hegyek tetején nem különbözik úgy mint a hegyek viszonylagos magassága szerint kellene. — Mind a két körülményből a hegyek tömegének vonzására lehetett következtetni.

A nyílt síkságban felfüggesztett piom rendszeren a valóságos súlyirányt mutatja, vagyis a Föld középpontja felé van irányozva; de ha a síkság egyik oldalán nagyobb hegység van, ez a piomra vonzást gyakorol s a Föld középpontja felé irányzott függélytől eltéríti. Bouguer jutott először a gondolatra, hogy a hegységek vonzásában az anyag általános vonzására keressen bizonyítékot. Kísérleteit a Csimborasszo lejtőségein tévé s úgy találá, hogy azon hegy a piomot 7—8 másodpercnyire téríti el a függély irányától.

*) Nouvelle théorie des principaux éléments de la Lune et du Soleil, Florence, 1871.

De mikép lehetséges a piom eltérítését meghatározni? Ezt a következőkből láthatjuk. Az úgynevezett csillagászati magasságkörökön a vízszintes irányt vízmérleg segítségével határozzák meg, tehát a tetőpont iránya, melyet a magassági kör mutat, összeesik a piom irányával. Tudjuk, hogy valamely csillagnak a magasságkörrel megmért távolsága a tetőponttól azon szöglet, melyet a csillagra irányzott látvonal a piom irányával képez. Ha tehát két helyen, melyek egyazon délkörbe esnek, egy és ugyanazon állócsillagnak távolságát a tetőponttól akkor határozzuk meg, mikor az delel, a különbséget, mely az egyik és másik helyen talált tetőponttól való távolságok között van, az a szöglet mutatja meg, melyet a piomnak a két helyen való irányai egymással képeznek.



53. idom.

Maskelyne és Hutton 1772-ben Skótországbán a Shehallien hegynek déli és északi oldalán tettek kísérletet. — Azt találták, hogy a piom irányai az egy délkörben fekvő *a* és *b* helyeken egymással 53 ívmásodpercnyi szögletet képeznek. Geodetikus mérésekből kitént, hogy *a* hely 3900 lábnyira északra fekszik *b* helytől. Skótországbán egy szélességi fok hossza kerékszámmal 342,5' 0 láb, e szerint a két hely közötti távolság, t. i. 3900 láb egy 41 másodpercnyi ívnek felel meg. Tehát *a* hely *b* helytől 41 ívmásodpercnyire esik. Ámde a piomok irányai az *a* és *b*

helyekből 53 ívmásodpercnyi szögletet képeznek, ez 12 másodpercezel több mint a megmért ív két végére vont függély, tehát *a* és *b* helyek piomirányai nem mutatnak a Föld középpontjára, hanem a hegy vonzása által a valóságos függélytől 12 másodpercnyire el vannak hajlítva.

Most azt kellett meghatározni, mekkora a hegynek tömege, mely vonzása által ily elhajlítást okoz. A végre gondosan megvizsgálták a kőzeteket, melyekből a hegy áll s megmérték magasságát és kiterjedését, hogy térfogatát számíthassák ki. A piom elhajlításból ki lehet számítani, micsoda arányban van a hegy vonzása a Föld összes vonzásához, s ha a hegy tömegét és átlagos tömörségét ismerjük, magának az egész Földnek tömegét és átlagos tömörségét is kiszámíthatjuk.

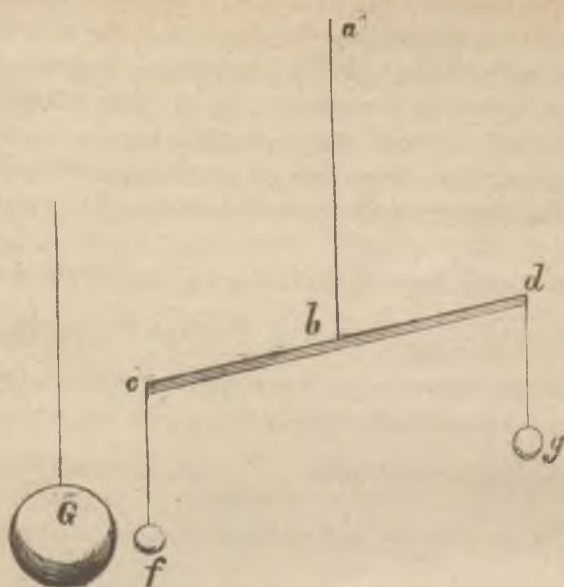
Maskelyne és Hutton úgy találták, hogy a hegy vonzása a Föld összes vonzásának $\frac{1}{9933}$ részét teszi. Továbbá kiszámították, a Föld összes vonzásának hanyad része volna képes a piomot a függélyes irányból úgy kimozdítani, mint a Shehallien hegy s azt találták, hogy a Föld összes vonzásának $\frac{1}{17,894}$ része volna képes

12 másodpercznyi elhajlást okozni. Az körülbelül $\frac{1}{9933}$ résznek. Ebből következtették, hogy a hegy anyagának tömörsége körülbelül $\frac{1}{9933}$ részét teszi a Föld átlagos tömörségének. A hegy tömörségét 2.618-szor nagyobbak találták, mint a vizét; ha tehát az a Föld átlagos tömörségének $\frac{1}{9933}$ -de, a Föld tömörsége $\frac{1}{9933}$ -ddel nagyobb, tehát 4.713-szor nagyobb mint a vízé. Utóbb a hegy kőzeteinek tömörségét pontosabb vizsgálódások után valamivel nagyobbak találták, mint Maskelyne és Hutton, s így a Föld tömörségét 5.4-re tették.

De ez eljárás igen bonyolódott számításokat kíván s fölteszi, hogy a hegyek alkotó részeit tökéletesen ismerjük. Ez pedig oly feltevés, melyet teljesíteni majdnem lehetetlen. Mert ha valamely hegy kőzeteit ismerjük is, belsejébe még sem hathatunk be, s nem tudjuk, ninesenek-e annak belsejében hézagok, üregek. A síkságban és hegyeken s mély aknában tett ingakísérletek is nagy nehézségekkel járnak, s eredményeikből alig lehet biztosan következtetni a Föld tömörségére. Azért más módot gondoltak ki, mely sokkal könnyebben és biztosabban vezet célra.

Michell angol tudós gondolta ki a készüléket, de elhunyt, mielőtt kísérleteit megindíthatta volna s *Cavendish* hajtá végre.

A Michell által kigondolt készüléket *forgómérlegnek* nevezik; szerkezetének lényege abban áll: egy vékony *al* szálon, mely fém-ből készült, egyenlő karú vízszintes *cd* emeltyű függ, melynek két



54. idom.

végéhez f és g golyók vannak függesztve. Azonkívül szintén fémből egy nagyobb golyó készítettik, melynek térfogata és súlya tökéletesen meghatározatik. E nagyobb golyó G azután a mérleg egyik vagy másik golyójához közelíttetik, pl. f golyóhoz, mely annak folytán G golyó által vonzatván, okozza, hogy a mérleg cd vízszin-

tes emeltyűje egyensúlyát veszti s bizonyos mozgást, vízszintes lengéseket tesz. Ezek nagysága egyenes arányban van a vonzási erővel, melyet G és f golyók egymásra gyakorolnak. Azon vonzási erőnek mekkoraságát ki lehet számítani, ha a lengés idejét ismerjük, melyben cd vízszintes emeltyű, midőn egyensúlyát veszti, ingadozásait teszi. Jelöljük meg G és f golyók kölcsönös vonzását c -vel, f golyó súlyát s -sel (ez azon erő, melylyel az egész Föld vonzza f golyót), G golyó tömegét t -vel, a Föld tömegét pedig x -szel. Most így fejezhetjük ki a dolgot: v úgy áll s -hez, mint t áll x -hez, azaz G és f golyók kölcsönös vonzása úgy áll f golyó súlyához, mint G golyó tömege a Föld ismeretlen tömegéhez. Ez tehát egyszerű számítás. De fő dolog az, hogy a vízszintes emeltyűnek G golyó által okozott eltérítése az ő egyensúlyából s egyszersmind cd emeltyűnek lengési ideje a legnagyobb szabotossággal határozotassék meg. A levegő mozgása s még a lehellet is megzavarja mind az elhajlítást mind a lengési időt, s azért az egész készüléket egy fa tokba kell helyezni s olyan helyen felállítani, hol a mérséklet nem változik. A fa tokban finom tüvegéből való ablakocskák vannak, melyeken át az emeltyűt és ingadozásait megfigyelni lehet.

Cavendish tehát az így szerkesztett forgómérleggel, mely

nem egyéb, mint vízszintesen lengő inga, tett kísérleteket, s eredményeit kiszámítván, úgy találta, hogy a Föld átlagos tömötsége 5.48, Hutton átvizsgálta számításait, s valamivel kisebb tömötséget talált, t. i. 5.32.

Reich német tudós 1837-ben újabb kísérleteket tett a forgómérleggel, melynek szerkezetét is tökéletesbitette. Igen nagy gonddal folytatott kísérleteinek és számításainak átlagos eredménye szerint a Föld tömötsége 5.44.

Utóbb 1843-ban *Baily* Londonban ismételte a forgómérleggel való kísérleteket s a Föld tömötségét 5.66-nak találta. Ez eredményt megtudván Reich új kísérleteket tett, melyek szerint a Föld tömötsége 5.58.

Látjuk, hogy a különböző kísérletek eredményei majdnem összevágznak, s tehát általában bizonyosnak tarthatjuk, hogy a Föld átlagosan $5\frac{1}{2}$ -szer nagyobb tömötséggel bír mint a víz. A Föld felső rétegeinek közelei általán véve nem oly tömöttek, átlagos tömötségük csak 2-szer 3-szor nagyobb mint a vizé, tehát fel kell tennünk, hogy a Föld mélyebb, belső rétegeinek tömötsége sokkal nagyobb.

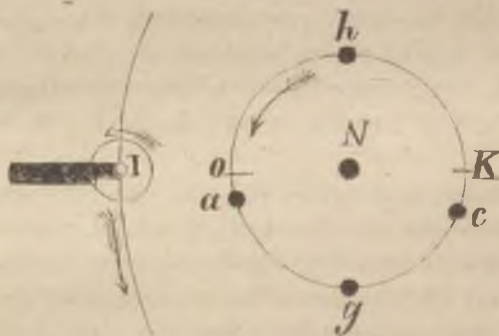
A testek tömötségét úgy kapjuk meg, ha tömegük mennyiségét térfogatukkal felosztjuk. Így számítjuk ki a Föld tömötségét is, a kísérletek eredményeiből a Föld összes tömegének mennyiségét kapjuk meg. Ha a Föld félátmérőjét kerék számmal 860 mfdre tesszük, térfogata 2.663,000,000 köb mfdet tesz. Ha a mfdet. 24,000 lábbal számítjuk, egy köb mfd 12 824,000.00 1,000 köb lábat, az egész Föld térfogata pedig 36 ezer nyolcz száz tizenhárom trillió háromszáz tizenkét billió köblábat tesz. Egy köbláb tiszta víz 56 fontot nyom, tehát a Föld több mint 12 quadrillio száz negyven nyolcz ezer háromszáz kilenczven trillio fontot, vagyis száz huszonegy ezer négyszáz nyolczvanhárom trillio mázsát, Reich pontosabb számításai szerint 118,000 trillio mázsát nyom.

Ezek oly roppant számok, melyekről képzeletünk sem lehet. Így azután a bolygók és Nap átlagos tömötségét és súlyát is ki lehet számítani, mintán viszonylagos tömegük már meg van határozva.

A fénysugár terjedési sebessége és aberrációja. Csak azokat a tárgyakat láthatjuk, melyek világítanak, azaz fénysugarakat boesátanak ki akár saját fényüknél fogva, akár más tárgyak fénye által megvilágittatván s így idegen kölesönzött fényt mutat-

ván. Sokáig azt hitték, a fénysugár rögtön terjed el a legnagyobb távolságra, mert a földi tárgyakat azon pillanatban látjuk, a melyben megjelennek. Ha pl. ágyút sütnek el, a fellobbant löpor fényét azonnal látjuk meg, az ágyú döngését pedig csak bizonyos idő múlva halljuk. A villámot is rögtön látjuk, a mennydörgést pedig a felhők távolságához képest csak kisebb nagyobb idő múlva halljuk. Tehát a hangnak bizonyos időre van szüksége, hogy tovább terjedjen, a fénynek pedig, azt vélték, nincs szüksége időre, hanem végtelen sebességgel terjed.

Azomban Römer dán csillagász 1675—1676-ig idősbik *Cassini*-vel együtt a párisi csillagvizsgáló intézetben Jupiter holdjait igen szorgalmasan megfigyelve, azt vevé észre, hogy e holdok fogyatkozásainak kezdete és vége különböző időkben áll be.



55. idom.

Az 55. idomban *N* a Napot, a körülvont kör a Föld pályáját s *J* a Jupitert egyik holdjának pályájával együtt ábrázolja. Míg a Föld pályájának felét, tehát az *o* pontból *g* ponton át *k*-ig való utat megfutja, Jupiter pályájának körülbelül csak $\frac{1}{21}$ részét futja meg.

Itt Jupiter keringését mellőzzük s úgy tekintjük, mintha egy helyben maradna. Mikor a Föld *o* pontban van, Jupiter szemben áll a Nappal, mikor pedig a Föld *k* pontban van, Jupiter együtt áll vele. Azon idő alatt, melyben Jupiter a szembenállásából az együttállásába jut, a Földről látjuk, miként holdjai az ő árnyékából a keleti oldalon kilépnek; az alatt pedig, hogy Jupiter az együttállásából a szembenállásáig jut, azt látjuk, miként holdjai az ő árnyékában a nyugati oldalon eltűnnek.

Fordítsuk figyelmünket Jupiternek egyik, pl. első holdjára s jegyezzük meg pontosan az időt, mely annak két egymásra következő fogyatkozása között elmúlik. Mikor a Nap és Jupiter egymás irányában úgy állnak, hogy 90 foknyira esnek egymástól, azaz negyedben vannak, s a Föld körülbelül *g* pontban van, akkor

azt találjuk, hogy az idő, mely Jupiter első holdjának az árnyékból való két egymásra következő kilépése között elmúlik, *nagyobb*, mikor pedig a Nap és Jupiter a következő negyedben állnak, s a Föld körülbelül h pontban van, akkor azt találjuk, hogy az idő, mely Jupiter első holdjának az árnyékba való két egymásra következő belépése között elmúlik *kisebb*, mint az az idő, mely Jupiter első holdjának két kilépése vagy belépése között akkor múlik el, mikor Jupiter épen a szembenállásba vagy pedig az együttállásba jutott vagy nemsokára jutni fog.

Szembenállás és együttállás idején a Föld mozgása Jupiter irányában olyan, hogy se nem közeledik, se nem távozik észrevehetőleg. Ilyenkor tehát a Jupiter holdjainak két fogyatkozása között körülbelül épen annyi idő múlik el, a mennyi idő alatt pályáikat Jupiter körül megfutják.

Negyedállás idején ellenben a g pontban levő Föld egyenest eltávozik Jupitertől s a holdjainak két egymásutáni fogyatkozása közötti idő azon idővel növekedik, melyre a fénysugárnak szüksége van, hogy azt a távolságot megfussa, a melylyel a Föld azalatt Jupitertől eltávozott. Azon negyedállás esetében, melyben Jupiter holdjait az árnyékba belépni látjuk, mikor tehát a Föld körülbelül h pontban van, s majdnem egyenes irányban Jupiter felé közeledik, az idő, mely a holdak két árnyékba lépése között elmúlik, keringési idejőknél épen annyival kisebb, mint a mennyi időre a fénynek szüksége van, hogy a távolságot megfussa, melylyel azalatt a Föld Jupiter felé közeledett.

Pl 1851-ben mindjárt a szembenállás ideje után Jupiter első holdja ápril 11-kén 15 órakor 6 perczkor 36.3 másodperczkor, azután megint ápril 13-kán 9 órakor 35 perczkor 3 másodperczkor lépett be az árnyékba. Levonván az előbbi időt a másiktól, kitetszik, hogy Jupiter ezen holdjának keringési ideje 42 órát 28 perczet 26.7 másodperczet tesz.

A legközelebbi negyedálláskor Jupiter ugyanazon holdja július 14-kén 10 órakor 21 perczkor 50.3 másodperczkor lépett ki az árnyékból, s azután július 30-kán 8 órakor 39 perczkor 42 másodperczkor kilencedik kilépése állott be, t. i. az előbbitől számítva. Levonván az előbbi időt az utóbbiból s felosztván 9 által, kitetszik, hogy két kilépés között 42 óra 28 percz 39 másodpercz múlt el. Ez az idő tehát 12.3 másodperczcel nagyobb mint az aprilisi észlelések szerint kiszámított keringési idő, s arra

az időre volt szüksége a fénynek, hogy azt a távolságot megfussa, melylyel a negyedállás idején a Föld Jupitertől eltávozott, míg ennek holdja egyszer futotta meg pályáját. A Föld keringési pályáján 1 másodperc alatt körülbelül 4 mfdet, s így $42\frac{1}{2}$ óra alatt körülbelül 612,000 mfdet fut meg, s e távolságra a fényugár 12.3 másodperc alatt terjed el, tehát 1 másodperczre 49,700 mfd esnék. Ez eredmény azonban nem pontos, mert Jupiter első holdjának valószínűs keringési ideje 42 órát 28 perczet és 35 másodperczet tesz. Minden ide vágó körülményt pontosan tekintetbe vévén, úgy találták, hogy a fényugár terjedési sebessége körülbelül 41,000 mfdet tesz másodperczenként, s hogy a Nap fényugara 8 percz és 13 másodpercz alatt jut a Földre.

Mintán be volt bizonyítva, hogy a fényugárnak is, noha elterjedési sebessége roppant nagy, bizonyos idő kell a távolságok megfutására, önkényt következett belőle, hogy az égi tüneményeket nem látjuk meg a Földről abban a pillanatban, a melyben gesnek, s hogy az égi testeket sem látjuk azon a helyen, melyet a megfigyelés pillanatában valósággal elfoglalnak. Ezt a *fényugár aberratiójának*, tévesztésének nevezték, minthogy a szemlélőt az időre és helyre nézve mintegy eltéveszti, csalódásra bírja. A fényugár tévesztése kétféle: az egyik az időbeli, a másik a *helyzeti aberratio*. Az időbeli aberrationál fogva az égi testek megfigyelt tüneményeinek idejére nézve kell az illető igazításokat megtenni, hogy azoknak valószínűs idejét kisiűthessük.

A helyzeti aberratiót egy angol tudós *Bradley* fedezé fel. Ez 1725 ben némely állócsillagot figyelt meg nagy szorgalommal és csakhamar arról győződék meg, hogy azoknak megfigyelt helye, hosszúsága és szélessége, látszólag változik. A Sárkány csillagzatnak egyik különös gonddal megfigyelt csillagára nézve észrevette, hogy hosszúsága júniusban, a Nappal való szembenállás idején, legnagyobb, decemberben, a Nappal való együttállás idején, pedig legkisebb; a legnagyobb és legkisebb hosszúsága közötti különbség mindig 40.5 másodperczet tett; a csillag tehát az év folyama alatt látszólag egy kis körülbén mozgótt, melynek nagy tengelye a Föld pályájával egyenköztű s 40.5 másodpercznyi hosszú volt.

Hasonló látszatos mozgást a többi állócsillagoknál is vett észre *Bradley*, mozgási pályáik nagy tengelye a Föld pályájával egyenköztű volt s mindig 40.5 másodperczet tett; a földpálya sarkának közelében levő csillagok pályái majdnem tökéletes körök; a

többi csillagok pályáinak kis tengelye pedig annál rövidebb, minél közelebb esnek a földpályához, tehát pályáik mind nyújtottabb kerületek; végre azon csillagok, melyek magán a földpályán vannak, ennek síkjában egyenes vonalban látszanak ide oda mozogni, de e vonal hossza szintén 40.5".

Egykét példa világosabbá fogja tenni a dolgot. Tegyük, hogy folyón levő hajóra a partról golyót lőnek, s hogy ez a hajó egész testén keresztül menvén mindkét oldalát átfúrja. Ha a hajó egy helyben vesztegel, az irány, mely a két oldalába lőtt lyukat összeköti, pontosan azon helyre mutat, honnan a golyót kilőtték. De ha a hajó a lövés alatt előre halad, akkor a tulsó oldalon levő lyuk kissé hátrább esik, mint azon az oldalon, melyet a golyó legelőször talált, még pedig éppen annyival esik hátrább, mennyivel a hajó az alatt, hogy a golyó a testén keresztül röpült s másik oldalába furódott, — útjában előrehaladt. A két lyukat összekötő irány azért nem mutat pontosan azon helyre, honnan a lövés történt, hanem valamivel *előbbre*, azaz arra felé mutat, a merre a hajó mozog.

Tegyük, hogy szélesend mellett eső esik. Ha egy helyben állva maradunk, az esőcseppek fejünk tetejére függőlegesen esnek, testünk egyéb részeit pedig érintőileg érik. De ha a hulló esőcseppek sebességével aránylagos sebességgel mozgunk, akkor az esőcseppek arcunkba esnek, éppen úgy, mint mikor csendesen állunk s a szél hajtja ferde irányban az esőcseppeket szemünkbe.

Miként a mozgásban levő hajónál a lövés iránya és sebes mozgáskor az egyenest lehulló esőcseppek iránya is látszólag elferdül s nem azon helyre mutat, honnan a golyó és esőcseppek eredetileg kiindulnak: ugy van az a fénysugár tekintetében is, ha akár csak a fénysugarakat kilövellő test, akár csak a szemlélő, akár mind a kettő sebesen mozog. Tegyük, hogy csak a szemlélő, illetőleg az álláspontja van mozgásban, a fénysugarakat eresztő égi test pedig egy helyben marad. Tegyük azután, hogy e pillanatban valamely égi test sugara éppen a szemlélő szeme felé van irányozva. Minthogy a sugár csak bizonyos idő múlva érheti el a szemet, azért ezt valósággal nem fogja éri, mert míg a szemlélőhöz juthat, ennek álláspontja a Föld mozgásánál fogva már megváltozott. Az a sugár, mely a szemlélő szemét valóban éri, eredetileg nem volt a szem felé irányozva, hanem azon pont felé, melyet a szemlélő a sugár megérkezése pillanatában elfoglal. A Nap fénysugara mintegy 8¼ perc alatt ér a Földre, ez másodpercenként körülbelül 4, tehát

3¼ perc alatt több mint 2000 mföldnyi utat fut meg az ő pályáján. Tehát a Napnak azon sugara, mely szememet valóban éri, kilövelése pillanatában álláspontomtól 2000 mfölddel előbbre eső pont felé volt irányozva, melyet éppen akkor ért el, mikor a Föld kerítésénél fogva én is oda jutottam. A testet mindig a szemünkbe érő sugár irányában látjuk, tehát a Napot ez esetben igazi állásánál 2000 mfölddel előbbre eső pontban látjuk.



Az 56-dik idomban a kis kör a földpályát, a nagyobb kör az állatkört ábrázolja, melyen s csillag van. Az előbbieik szerint e csillag a földpálya síkjában látszólag egyenes vonalban mozog ide oda. A Föld c -nél marseziusban, d -nél júniusban, a -nál szeptemberben és b -nél decemberben áll. A fénysugár aberrációjánál fogva a csillag, mely tetteleg s -ben áll, júniusban g -nél, decemberben pedig f -nél látszik, azaz úgy látszik, mintha az első esetben g , a másodikban f felé kimozdult volna helyéből, még pedig egyik oldalra úgy mint a másikra 20.25 másodpercnyi távolságra, marseziusban és szeptemberben pedig igazi helyén látszik meg. Tehát a csillagok legnagyobb látszatos elmozdulása helyükből

20.25 másodpercet tesz, mi a Nap tányéra szélességének körülbelől 90-dik része.

A fénysugár aberratiojánál fogva a csillagok mindig azon irány felé látszanak félremozdúlni, a mely irányban a Föld keringési pályáján mozog. Mareziusban a Föld azon irányban mozog, mely s pont felé esik, szeptemberben pedig azon ponttól egyenesen eltávozik, tehát mareziusban és szeptemberben a csillag igazi helyén látszik; júniusban és decemberben a földpálya illető pontjai az s felől jövő fénysugarakkal derékszögletet képeznek.

Tegyük, hogy az 57. idomban op a Föld keringési sebességét, ro a keringési pályára derékszöglet alatt érő fénysugarak sebességét jelenti, akkor a két sebesség közreműködésének az lesz az eredménye, hogy az o -ban álló szem úgy látja a csillagot, mint ha a Föld egy helyben, o -ban maradt s a csillag sugarai t felől jöttek volna, vagyis a csillagot nem s -ben, hanem g -ben látja. Az előbbiekből tudjuk, hogy rot szöglet $= 20.25''$, op a Föld keringési sebessége $= 4.11$ mfl, tehát

$$ro = \frac{rt}{\text{tangens } 20.25''} = \frac{op}{0.0001} = \frac{4.11}{0.0001}, \text{ tehát}$$

a fénysugár terjedési sebessége e képlet szerint $=$

41,400 mfl másodpercenként. S így a Bradley

által felfedezett aberratióból a fénysugár sebességére nézve majdnem ugyanazt az eredményt nyerjük, melyet Römer nyert Jupiter holdjainak fogyatkozásaiból.

A 20.25 másodpercnyi szöglet, mely a csillagok látszatos félremozdulásának nagyságát fejezi ki, az *aberratio szögletének* neveztetik. Oly csillag, mely a földpálya sarkpontjában áll, a földpálya minden pontjára derékszöglet alatt eresztí fénysugarait, tehát igazi helyétől mindig 20.25''-nyire félremozdúlnak látszik, még pedig azon irány felé, melyet a Föld keringési pályáján épen követ, s így egy év folyamán látszólag kis körben mozog igazi helye körül.

Nemcsak a Földnek pályáján való keringése, hanem forgása is okoz aberratiót, de ez sokkal csekélyebb, mint az előbbi, mert a forgási sebesség az egyenlítő alatt is körülbelől 60-szor kisebb mint a keringési sebesség. Végre még a Földnek az egész naprendszerrel közös harmadik mozgása a világtérben is okoz aberratiót, de ennek nagyságát még nem vagyunk képesek meghatározni.



57. idom

Az aberratio jelenségei általában igen bonyolódottak azért, mivel nemcsak a Föld, hanem a fénysugarakat kilövellő égi testek is mozognak. A mely égi testek mozgásának irányát és sebességét ismerjük, azoknak igazi helyét az aberratio tekintetbe vételével kiszámíthatjuk és meghatározhatjuk. Ezt csak a naprendszerhez tartozó bolygókra s némely üstökös csillagra nézve vagyunk képesek mindenkor megtenni; de az állócsillagok mozgásainak irányát és sebességét legnagyobb részt még nem ismerjük, s azért azoknak igazi helyét sem határozhatjuk meg mindig. Tehát a hol most látjuk az állócsillagokat, ott nincsenek mostanában, ott évek vagy évezredek előtt voltak, t. i. akkor, mikor a hozzánk érkező fénysugár belőlük kilöveltetett; hogy hol vannak valósággal e pillanatban, midőn szemléljük, nem tudjuk s mindaddig nem fogjuk tudni, míg nem képesek leendünk, mozgási pályáikat s egyszersmind mozgási sebességeiket is meghatározni.

Az állócsillagok parallaxisa és távolságuk meghatározása. Bradley nem a fénysugár aberrációját, hanem az *állócsillagok parallaxisát* kereste volt. De azt találta, a mit nem keresett, s a mit keresett, nem találhatta meg.

Láttuk, hogy a Hold és Nap parallaxisának meghatározására a Földnek két különböző álláspontjából egy-egy vonalt kell az égi testek felé irányoznunk s a két irány különbségét, azaz szögletét meghatározni. E feladatnak megoldása már a Napra nézve is nagy bajjal jár; képzelhetjük tehát magunknak, hogy az az állócsillagokra nézve, melyek távolsága sokkal nagyobb, mint a Napé, még sokkal nehezebb dolog. A Földnek egymástól legtávolabb eső álláspontjairól az állócsillagok felé irányzott vonalak tökéletesen egyenközűeknek látszanak, megmérhető szögletet nem képeznek; ez azt bizonyítja, hogy nemcsak a Földnek félátmérője hanem egész átmérője is az állócsillagokról tekintve tökéletesen elenyészik, megmérhető nagysága nincsen. A Föld átmérője az állócsillagok távolságában semmi látszögletet sem szolgáltat, tehát alapvonalul sem szolgálhat az állócsillagok parallaxisára. A Föld kerekiségén nem találunk elég hosszú alapvonalat, másutt kell azt keresnünk. Tudjuk, hogy a Föld körülbelül 20 millió mfdnyi távolságban kering a Nap körül, tehát pályájának bármely pontjában álljon is, 6 hónap múlva ettől körülbelül 40 millió mfdnyi távolságra fog állani. E szerint ha ma és ismét félév múlva valamely állócsillagot megfigyelünk, két álláspontunk 40 millió mfdnyire esik egymástól s ez alapvonalunk

körülbelül 24,000-szer hosszabb mint a Föld kerektségének egymástól legtávolabb eső két pontja. A 24,000-szer hosszabb alapvonal két végéről az állócsillag felé vont két egyenes vonalnak szöglete okvetlenül szintén 24,000-szer nagyobb, mint a Föld két legszélső pontjáról való irányok szöglete. Bizonyára a 40 millió mfd hosszú alapvonal elég hosszúnak tekinthető.

Ez alapon már *Kopernikusz* igyekezett az állócsillagok parallaxisát meghatározni, de siker nélkül. S a csillagászok több mint 300 évig fáradoztak mind tökéletesebb eszközökkel, mindazáltal ebbeli fáradozásaiknak eredménye csak az volt, hogy még a 40 millió mfdnyi alapvonal is csekély, hogy az állócsillagok távolsága legalább 100,000-szer nagyobb mint a Napé.

Bradley külön készüléket csináltatott magának, melylyel a tetőpontban álló csillag parallaxisát vizsgálhatta, de így sem boldogult. *Brinkley*, *Calandrelli* és *Piazzi* végre azt vélték, néhány állócsillag parallaxisát csakugyan megtalálták, de utóbb az is csalódásnak bizonyult be.

Pedig az okoskodás s az erre alapított eljárás helyes volt s előbb utóbb kellett célra vezetnie. Ugyanis az állócsillagoknak, ha valóságos mozgásuk nem volna is, kell, hogy látszatos mozgásuk legyen, mivel a mi Földünk kering s az egész naprendszerrel együtt is mozog a világtérben, tehát álláspontunk folyvást változik. Miként a folyó partján levő tárgyak mozogni látszanak, ha a folyón hajózva álláspontunk változik, úgy az égi testeknek is kell látszólag mozogniuk. Képzeljük magunknak, hogy valami magas kerek teremben vagyunk, s hogy mennyezetének közepén kis fényes pont van, melyre a terem falai mellett körüljárva távesövlünket irányozzuk. Jelöljük meg egyszersmind a terem falain a világtájak fekvését. Ha már most a teremben köröskörül járunk s a távesövet folyvást a mennyezet fényes pontjára szegezzük, látni fogjuk, hogy a távesövet más-más irányba kell fordítanunk; hajlása ugyan mindig egyenlő marad, mert mindig egyenlő magasságra kell föltekintetünk, de iránya változik. Ha pl. éjszak felől nézzük a fényes pontot, dél felé, ha kelet felől nézzük, nyugat felé, ha dél felől nézzük, éjszak felé stb. kell a távesövet irányoznunk. Két ily átellenben eső álláspont-ról az irányok leginkább különböznek, azaz a legnagyobb szögletet képezik. Képzeljük, hogy a két állásponton a súlyirány vonala is húzva van, akkor látjuk, hogy ha a fényes pontot éjszakeről nézzük, a feléje menő irány a függélyes iránytól dél felé, s ha délről nézzük

a fényes pontot, a feléje menő irány megint éjszak felé tér el a függélyes iránytól, de mindkét állásponton a két irány eltérési szöglete egyenlő nagyságú. Minél magasabb a terem mennyezete, annál kisebb aránylag a függélyes irány és a fényes pont felé menő irány eltérése, s minél alacsonyabb a mennyezet, annál nagyobb a két irány eltérése vagyis szöglete. Tehát a két irány eltérési szögletének nagyságából következtetést vonhatunk a terem mennyezetének magasságára. Mindez világos. De ha meggondoljuk, hogy a legközelebbi állócsillag mintegy 200,000-szer távolabb esik mint a Nap, hogy tehát a példánál felhozott terem mennyezetének 100,000-szer magasabbnak kellene lennie, mint a mily hosszú az átmérője, azonnal látjuk, hogy az ily terem igen hosszú cső volna. Már pedig az aránylag ily hosszú vagyis magas csőben a két ellenkező pontról való látvonalok irányai legfeljebb két másodpercnyi szögletet képeznének. Amde alig lehetséges valamely távesövet bárhol úgy állítani fel, hogy iránya félév alatt a rázkodások és egyéb körülmények következtében két másodpercnyivel se változzék.

A Földről szemlélvén a csillagokat, olyformán vagyunk, mintha egy év alatt a világtérben levő nagy teremben járnánk köröskörül, a terem körületét a pálya képezi, melyet velünk együtt a Föld egy év alatt megfut. Milyen ennek következtén az állócsillagok látszatos évi mozgása, a következő idom mutatja.



58 idom.

Legyen S valami állócsillag; az alsó kerülék $abcd$ a földpályát, a középső köröcske a Napot ábrázolja. Ha már a Föld évi pályáját megfutva a pontban van, S csillagot az ég boltozatján a' pontban látjuk; a mint azután a Föld egymásután b , c , d pontokba jut, a csillagot az ég boltozatján b' , c' , d' pontokban látjuk. Tehát S csillag az év folyamában az ég boltozatán látszólag $a'b'c'd'$ kerületében mozog, mely a földpálya hasonmása, s milyenek a földpálya a csillagról tekintve látszanék. Az állócsillag m középpontban látszanék, ha a Napról néznők, de a keringő Földről tekintve látszólag egy kerületben mozog, melynek legéjszakai pontjában a nyári, legdélebbi pontjában a téli napfordulatkor, legkeletibb pontjában a tavaszi s

legnyugatibb pontjában az őszi nap-éjegyenlőségkor mutatkozik. Az állócsillagok látszatos évi pályájának nagy tengelye tehát az idomban a c' és a' pontokat összekötő vonal, vagyis az ennek megfelelő csúcsszöglet, melynek nagyságra nézve a földpálya nagy tengelyének csúcsszöglete felel meg. És ez az állócsillagok *évi parallaxisa*.

Ha ez évi parallaxis 1 foknyi volna, az illető állócsillag távolsága 57, ha egy pereznyi volna, 3438, ha pedig 1 másodpereznyi volna, 206,265-ször nagyobb volna, mint a földpálya félátmérője, vagyis a Föld és Nap távolsága egymástól.

Ezt a parallaxist tehát sokáig nem sikerült megtalálni és megmérni. Hogy az, mit Bradley fedezett föl, nem a keresett parallaxis, bizonyítja azon körülmény, hogy a csillagoknak általa felfedezett látszatos félremozdulása azon irányban történik, mely felé a Föld mozog, míg a *parallaxisi látszatos mozgás* a Földről a Nap felé menő, tehát az előbbire majdnem függőleges irányban történik. A fénysugár aberrációjánál fogva a csillagot azon irány felé látjuk, mely felé Földünk keringésénél fogva tartunk, a parallaxisi mozgásnál fogva a csillagot inkább az ellenkező irányban látjuk, azaz pl. nyugat felé, ha keleti irányban mozgunk stb.

Herschel végre új módot ajánlt az észlelésre. Tapasztalásból kiki tudhatja, hogy, ha távol eső tárgyakat különböző álláspontokról nézünk, azon tárgyak egymástól való látszatos távolsága nagyon változik. Ha pl. tájképet készítünk s ugyanazt a tájképet különböző távolságban fekvő álláspontokról vesszük fel, azt tapasztaljuk, hogy kivált a tőlünk különböző távolságban való, az előtérben és háttérben levő tárgyak kölesönös helyzete, látszatos távolsága nagyon változik, a mint más-más helyről nézzük. Minél nagyobb az illető tárgyak valóságos távolsága egymástól, annál inkább változik látszatos távolságuk az álláspont változtatásával. Az állócsillagok igen nagy távolságra esnek a Földtől, de távolságaik bizonyosan nem egyenlők. Ha tehát két, nem egyenlő távolságban levő csillagot változó álláspontokról szemlélünk, kölesönös helyzetük bizonyosan észrevehetőleg fog változni. Herschel azért indítványozá, hogy azon *kettős csillagokat* figyeljék meg, melyek egyszerre láthatók a távesőben. Ha az egyik csillag igen messze van, úgy tekintetjük, hogy állását nem változtatja meg, s ha mégis a két csillag kölesönös állásában a félénként ismételt megfigyelések alkalmával változást veszünk észre, az egész látszatos mozgást a

közelebb eső csillagnak tulajdoíthatjuk, s így meghatározhatjuk ennek látszatos félremozdulását, a parallaxisát.

Bessel volt az első, a kinek 1836-ban sikerült az új mód szerint a *Hattyú* csillagzat 61. számú csillagának parallaxisát meghatározni, ez szerinte $\frac{1}{2}$ másodperc, miből következik, hogy az említett csillag távolsága 600,000-szor nagyobb mint a Nap távolsága a Földtől, azaz 12 billió mfdnyi. *Bessel* sikerült kísérlete új buzgalomra indította a csillagászokat, s most már 9 különböző állócsillag parallaxisát ismerik. Legnagyobb parallaxisa az Európában nem látható *Centaurus* csillagzat legfényesb csillagának van, de az sem tesz egész másodpercet, s azon csillag távolsága 240,000-szer nagyobb mint a Földé s 7000-szer nagyobb, mint *Neptunuszé* a *Naptól*.

A világtér mérhetetlensége. Hajdan azt vélték, a menny, a »kiterjesztett erősség« valóságos boltozat, mely érzezből, vagy gyémántból vagy más anyagból áll, s melyen az állócsillagok mint fényes szegek vannak megerősítve. Utóbb meggyőződtek arról, hogy a Föld felett emelkedő »levegőég« nem ily boltozat, de kiterjedését nem igen nagynak tartották; még *Tycho* is azt hitte, az állócsillagok körülbelül egyenlő távolságban vannak a *Naptól*. Ámde a naprendszerben uralkodó törvényeket és mozgásokat végre kifürkészvén, azt találták, hogy az állócsillagok a naprendszerre és egyes tagjaira nem gyakorolnak észrevehető befolyást. Ebből következetni kellett, hogy azok vagy felette apró tömegek, vagy pedig roppant távolságra esnek a naprendszertől. Amazt nem igen képzelhetjük magunknak, tehát az utóbbit kell föltennünk.

Mekkora a naprendszer által elfoglalt világtér, azt határozottan még nem mondhatjuk meg. Csak annyit tudunk, hogy az eddigelé ismert legszélső bolygó, a *Neptunusz* 620 millió mfdnyi távolságban kering a Nap körül, s hogy vannak üstökösök, melyek meghatározott zárt körü pályáinak legmesszibbre eső részei, a naptávolságban (aphelium) 3000 és több millió mfdre esnek a *Naptól*. Van egy üstökös, mely roppant hosszúra nyúlt pályáját a Nap körül csak 102,500 év alatt futja meg. Tehát a naprendszer által elfoglalt világtérnek átmérője legalább 6000 millió mfdet tesz. Ez már oly kiterjedés, melyről világos képzeletünk alig van. S azon roppant kiterjedésű naprendszer a világegyetemnek csak parányi részét teszi, a hozzája legközelebb eső állócsillag legalább 7000-szer távolabb esik a *Naptól*, mint a legszélsőbb bolygó! A Föld távolsága a

Naptól 20 millió mfd, s e roppant hosszú vonal az állócsillagok távolságához képest csak egy pontocska, oly apró szöglet, melyet a legjobb eszközökkel alig lehet megmérni! Láttuk, hogy a Föld távolsága a Naptól szolgál alapvonalul az állócsillagok évi parallaxisának meghatározására. Minél kisebb az évi parallaxis, annál nagyobb a távolság. Ugyanis

ha a parallaxis	1	másodperc, a távolság	1	billió mfd,
» » »	3	» » »	$1\frac{1}{2}$	» »
» » »	2	» » »	2	» »
» » »	1	» » »	4	» »
» » »	$\frac{1}{2}$	» » »	$8\frac{1}{4}$	» »
» » »	$\frac{1}{10}$	» » »	41	» »
» » »	$\frac{1}{100}$	» » »	412	» »

Már a távolabb eső bolygók távolságának megmérésére a Föld távolságát a Naptól, a 20 millió mfdet vesszük mértékegységül, hogy igen nagy számokat ne kelljen kimondanunk; az állócsillagok távolságának kifejezésére még azon mérték is csekély, s azt a távolságot alkalmazzuk, melyet a *fénysugár egy év alatt fut meg*. A fénysugár a Holdról $1\frac{1}{4}$ másodperc, a Napról 8 perc 18 másodperc, a Neptunuszról $4\frac{1}{4}$ óra alatt ér a Földre. A legközelebb eső állócsillagról pedig $3\frac{1}{2}$, a Hattyú csillagzat 61-dik számú csillagjáról 9, a Sarkesillagról 40 év alatt jut a Földre. Pedig a fénysugár 1 másodperc alatt 41,900, egy nap alatt 3620 millió, egy év alatt 1.322 billió mfdet, vagyis megfordítva 1 billió mfdet 0.8, $1\frac{1}{2}$ billió mfdet 1.4, 2 billió mfdet 1.5, 4 billió mfdet 3, $8\frac{1}{4}$ billió mfdet 6, 41 billió mfdet 31, 412 billió mfdet 310 év alatt fut meg! A fényév útja, vagyis a fénysugár által egy földi esztendő alatt megfutott út hossza tehát 1.322 billió mfdet vagyis 62,000 naptávolságot tesz. S ez azon mérték, melylyel az állócsillagok távolságát kifejezik. S még e roppant mérték alkalmazása mellett is nagy számok támadnak; a *Fiastyúk* csillagzat távolságát 700, a *Tejút* csillagjainak távolságát legalább 3—4000, s a legjobb távcsövek segítségével még látható legtávolabb csillagok távolságát 9000 fényévre teszik! E számokat legalább könnyebben összehasonlíthatjuk egymással, mint a billiókat, trilliókat és quadrilliókat, de az általuk kifejezett távolságról nincs többé villágos képzeletünk. S még a 9000 fényév sem fejezi ki az éggömb végső határát, lehet, hogy tökéletesebb eszközökkel még nagyobb távolságokra is fogunk látásunkkal hatni. Az első osztálybeli csillagoktól átlag $15\frac{1}{2}$, a második osztály-

beliektől 28, a harmadik osztálybeliektől 43, stb., a tizenkettedik osztálybeliektől 3,500 év alatt érkezik hozzánk a fénysugár.

Azomban eddigelé nagyobb biztossággal még csak kilencz állócsillagnak sikerült parallaxisát s tehát távolságát meghatározni. E csillagok a következők: α Centauri, 61 Cygni, 34 Groombridge, Sziriusz, 1830 Groombridge, 1 Nagy Medve, Arkturusz, Vega és a Sarkcsillag. Az elsőnek parallaxisa legnagyobb t. i. 0.918 másodperc, távolsága 240,000 földpályai félátmérő vagy naptávolság $= 4$ billió 8 százezer millió mfd $= 3\frac{1}{2}$ fényév. A Sziriusznak parallaxisa 0.23 másodperc, távolsága $= 17.8$ billió mfd $= 13$ fényév; az Arkturusz parallaxisa $= 0.13$ másodperc, távolsága $= 32$ billió mfd $= 24$ fényév. Végre a Sarkcsillag távolsága 53.2 billió mfd $= 40$ fényév.

Lockyer kissé eltérő adatai szerint

α	Centauri	parallaxisa	0.9187	másodperc	224,000	naptávols.
61	Cygni	»	0.5638	»	366,000	»
1830	Groombridge	»	0.226	»	912,000	»
70	Ophiuchi	»	0.16	»	1,286,000	»
α	Lyrac (Vega)	»	0.155	»	1,337,000	»
	Sziriusz	»	0.15	»	1,375,000	»
	Arkturusz	»	0.127	»	1,624,000	»
	Polaris	»	0.067	»	3,078,000	»
	Capella	»	0.046	»	4,484,000	»

Mennyire terjed ezen hozzánk legközelebb eső állócsillagokon túl a világtér s a napok megszámlálhatlan serge, azt nem tudjuk. A mit az ég alkotmányáról tudunk, leginkább csak azon kis gyarmatra vonatkozik, mely a mi Napunk körül telepedett le, s melyhez lakóhelyünk, a Föld is tartozik. A hely, melyet e gyarmat elfoglalt, egy *kis* kör, melynek területe több mint egy trillio négyzet mfdet tesz, melynek közepében a Nap van, s melynek szélén Neptunusz kering. Kis körnek mondom, mert a legközelebbi szomszéd, a hozzánk legközelebb eső állócsillag azon körnek félátmérőjét már csak 30 másodpercnyi szöglet alatt látja, tehát még oly nagyra sem, mint nekünk Jupiter bolygó félátmérője látszik, mikor hozzánk legközelebb áll. A naprendszer kis világa s a legközelebbi csillagok között mindenfelé végtelen üresség van, melynek szélessége vagy 4 billió mfd, tehát 10,000-szer nagyobb mint naprendszerünk körének félátmérője.*)

*) *Littrow*: Die Wunder des Himmels.

Nehány észrevétel az állócsillagokról. A pusztá szemmel látható külön állócsillagok száma nem igen nagy, csak körülbelül 6000; ezek közül 1500 Közép-Europában nem látható. Minthogy mindig az égnek csak felét láthatjuk egy időben, a pusztá szemmel egyszerre látható csillagok száma legfeljebb 3000. Fényességök szerint a csillagokat több, összesen 16 osztályra osztják; pusztá szemmel csak azok láthatók *), melyek a 6 első osztályba tartoznak; a legfényesebbek az első osztályt teszik, ide csak 20 csillagot számítanak; a második osztályhoz 65, a harmadikhoz 197, a negyedikhez 425, az ötödikhez 1100, a hatodikhoz 3200, a hetedikhez 13,000, a nyolczadikhoz 40,000, a kilenczedikhez 142,000 csillagot számítnak. Az éjszaki félgömbön közönséges, 3 hüvelyk nyílású távcsővel látható csillagok számát 314,926-ra teszik, tehát az egész éggömbön körülbelül 630,000 ily csillag volna, s ezeket összesen tíz osztályra osztják. Ha az egen egyenlőn volnának elosztva, a Hold tányérával egyenlő nagyságú területre 3 csillag esnék. De a kisebb fényességű csillagok száma sokkal nagyobb. A *Tejút* maga vagy 18 millió csillagot foglal magában s a jó távcsővel azon kívül látható külön csillagok száma legalább 2 millióra rüg; tehát a megkülönböztethető állócsillagok száma mintegy 20 millió. S ezek mind oly égi testek, mint a mi Napunk. Saját fényökkel ragyognak s talán mindannyian külön rendszerek központjai, külön világok.

Azt hitték, hogy a legfényeseb csillagok egyszersmind a legközelebbiek és legnagyobbak is, s azért a fényességök szerint megállapított osztályokat *nagysági* osztályozásnak vélték s első, másod, harmad stb. nagyságú csillagokról beszéltek. De sem az egyik, sem a másik feltevés nem áll kivétel nélkül. Általán véve ugyan igen hiheő, hogy a leggyengébb fényű csillagok, melyeket a 15-dik és 16-dik osztályhoz számítanak, a legtávolabbak, de a legfényesebbek nem egyszersmind a legközelebbiek. Legfényesebb csillag a *Sziriusz*, pedig ez sokkal távolabb esik, mint más bágyadtabb fényű csillagok. A mi továbbá az állócsillagok valódi nagyságát illeti, azt még nem vagyunk képesek meghatározni. Mert minden állócsillag a legerősebben nagyító távcsőben is csak fényes pontocs-

*) A pusztá szemmel látható csillagok közül az ötödik osztálybeliek 2-szer, a negyedik osztálybeliek 6-szor, a harmadik oszt. 12-szer, a második oszt. 25-ször, az első osztálybeliek 100-szor, *Sziriusz* 324-szer, a Nap ránk nézve 6 billio 480 ezer milliószor *fényesebbek mint a hatodik osztálybeliek.*

kának látszik, melynek látszatos átmérőjét nem sikerült még biztosan meghatározni. Az e tekintetben tett kísérletekből következtethetjük, hogy vannak állócsillagok, melyek nagyobbak, s vannak olyanok is, melyek kisebbek mint a Nap.

Az állócsillagok anyagmennyiségét vagyis tömegét sem tudjuk még meghatározni. Színök többnyire fehéres; de vannak sárgás, aransárga, veres, kék, zöld és biborszínű csillagok is. Némelyeknek színe, úgy látszik, változásnak van alávetve; bizonyos, hogy a fényesség fokozata számos csillagnál észrevehetőleg változik vagy szabályosan és meghatározott időközökben, vagy meghatározható időközök nélkül.

Sok csillag, melyek pusztá szemmel vagy gyenge távcsövön által nézve egyeseknek látszanak, jó távcsövel vizsgálva *kettősnek*, sőt *hármassnak*, *négyesnek* mutatkozik. Ily csillagpárt vagy többes csillagot már vagy 6000-et ismernek. Legtöbbjét a két *Herschel*, az atya és fia, és *Struve* fedezték fel. Eleintén azt hitték, hogy a páros csillagok, melyek a pusztá szemre nézve egygyé olvadnak össze, a Nap irányában egyenes vonalba esnek, mintegy egymás mögött vannak, s azért látszanak egyeseknek. De utóbb kisélt, hogy azok közül sokan, legtöbben egymás mellett, egymáshoz aránylag közel állnak s tehát valószággal iker, vagy többes csillagok. Többi közt a Sarkesillag sem egyes, hanem kettős csillag. S e csillagpároknál sikerült kimutatni, hogy saját mozgásuk van, mely különbözik a csillagoknak a fény aberratióján és a Föld keringésén (parallaxisi) alapuló látszatos mozgásától. A kettős csillagok valószágos mozgása különbözö; vannak esetek, melyekben az egyik csillag a másik mint nyugvó központ körül kering, s vannak oly esetek is, melyekben mindkét csillag közös súlypont körül, vagyis egyik a másik körül kering. Mindnyáján kerülékben mozognak, úgy mint a bolygók a Nap körül. Körfutásukat kisebb nagyobb időközökben végézik, a Zeta Herculis 30, a Beta Cygni 500, a Gamma Leonis 1200 év alatt futja meg keringési pályáját. Végre észrevették, hogy az egyes csillagok közül is némelyeknek valószágos saját mozgásuk van, most már több mint 800 állócsillagnak saját mozgása van hebizonyítva, s tehát határozottan állithatjuk, hogy az összes úgynevezett állócsillagok szintén mozognak s mozgásaikban az általános nehézkedés törvényét követik, hogy tehát ez csakugyan az egész világegyetemben uralkodó általános törvény. Most már számos csillag mozgásának szögletbeli nagyságát és pályáját is tudják

meghatározni; ha majd sikerülend azoknak távolságát és látszatos átmérőjét is meghatározni, akkor mozgási sebességeket mélyföldekben, valóságos átmérőjüket és tömegük mennyiségét is fogják kiszámíthatni. A szinkép-készítélék segítségével tett vizsgálatok bizonyítják, hogy az állócsillagok valóságos Napok, melyeket natrium, magnezium, köneny, vas, vizsmut, antimon, tellur, kénesű stb. gőzökkel megtelt légkörny vesz körül. Az állócsillagok e szerint izzónforró és gőzféle állapotban levő anyagokból állanak.

Bizonyos, hogy az állócsillagok is mozognak és keringnek, noha mozgásuk a Földről tekintve felette csekélynek tátszik, s azért kölcsönös helyzetüket igen sokáig nem változtatják meg észrevehetőleg. Neptunusz bolygó mozgása a Földről tekintve óránként csak egy másodpercet tesz. Ha a hozzánk legközelebb eső állócsillag hasonló sebességgel mozog, mozgása a Földről tekintve csak 7000 óra, vagyis körülbelül egy esztendő alatt fog egy másodpercet tenni, mert 7000-szer távolabb esik, mint Neptunusz. A legnagyobb mozgás, vagyis helyváltoztatás, melyet állócsillagon megfigyeltek, csak akkora, hogy, ha folyvást egyenlő marad s egy irányban történik, 100 év alatt csak 500 s legfeljebb 1000 másodpercet tesz, tehát csak annyit, mennyi a Nap látszatos szélességének egy harmada, vagy legfeljebb a fele. Onnan van, hogy sokáig nem tudták az állócsillagok saját mozgását felfedezni, s hogy a pusztaszemmel látható csillagokat oly csoportokba, csillagzatokba, csillagképekbe (constellatio) foglalhatták, melyek alakja évezredek alatt sem változik észrevehetőleg. Most összesen 109 csillagzatot különböztetnek meg. Következők a legnevezetesebbek:

1 Az északi félgömbön.

1) A *Nagy Medve*, vagy *Gönczöl szekere* (Ursa major); négy főcsillaga négyszöget képez, a többi világosabb három csillag a Nagy Medve farkába esik s a négyszög kettejével majdnem egyenes vonalt képez. Mind a hét csillagnak külön neve van, s egyszersmind a görög alphabetum első 7 betűjével jelöltetnek meg.

2) A *Kis Medve* (Ursa minor, Cynosura), az előbbihez hasonlít, csak hogy kisebb s ellenkező irányú; ha a vonalt, mely a Nagy Medve két utolsó csillagát összeköti, mintegy négyszeres távolságra kinyújtjuk, a Kis Medve azon csillagjára akadunk, mely a farkának végén van s ez a *Sarkcsillag*, mely kettős; társa zöldes színtű.

3) A *Sárkány* (Draco); ez megfordított S-et képez, egyik tekervénye a Kis Medvét, másik tekervénye a földpálya sarkát veszi körül; ennek végén, a Sárkány fején két másod s két harmad világosságú csillag rendetlen négyszöget képez.

4) *Cepheus*; ez nagy, de nem igen szembetűnő csillagzat, mert csak harmad és kisebb nagyságú csillagokból áll; három csillaga egy ívet ábrázol egyfelől a Kis Medve és Sárkány között, másfelől a Kassziopéjában.

5) *Kassziopéja*; könnyen felismerhető csillagzat, a Nagy Medvével átellenben esik s ugyanazon távolságra a sarktól. Öt világos csillaga a Tejútba esik s *W*-hez hasonló idomot ábrázol.

6) *Perseusz*; ez is a Tejútba esik, egyik nevezetes csillaga az *Algol*, melynek fényessége bizonyos időközökben változik.

7) *Andromeda*; három legfényesebb csillaga majdnem egyenes vonalba esik, mely meghosszabbítva a Perszeusz első csillagját érinti.

8) *Pegazus*; ennek szintén három szép csillaga van, melyek az Andromeda első csillagával négyszöget képeznek.

9) Az *éjszaki Háromszög*, Andromeda délkeleti oldalán való kis csillagzat.

10) A *Csikó*; négy csillaga hosszas négyszöget képez, a Pegazus, Delfin és Vizöntő között.

11) A *Delfin*; négy csillaga kis ferde négyszöget képez; a Hattyú α -jától dél felé esik.

12) A *Sas*; a Hattyútól és Lanttól dél felé eső három csillaga kissé görbe vonalt ábrázol.

13) A *Nyíl*, négy csillaga majdnem egyenes vonalt képez.

14) A *Hattyú* (Cygnus), keresztet ábrázol a Tejútban.

15) A *Lant* (Lyra); α csillaga a *Vega*, mely első nagyságú s a *Arkturus*szal és a *Sarkcsillag*gal derék háromszöget képez.

16) *Herkules*, a Lant és Korona között; kis négyszöget képez.

17) *Kigyótartó* (Ophiuchus, Serpentarius) és a *Kigyó* (Serpens); ennek feje a Korona alatt van, teste az egyenlítőn túl terjed a Nyilasig; a Kigyótartó feje alább esik a Herkules fejétől bal felé.

18) Az *éjszaki Korona*, hat csillaga félkört képez a Bootes és Herkules között.

19) A *Medvevezető* (Bootes), némileg ötszöget képez, legfényesebb csillaga az *Arkturus*sz, melyen a Nagy Medve farkától húzott vonal megyen keresztül.

20) A *Kocsis* (Auriga), melynek legfényesebb csillaga a *Göde* (Capella); nagyobb csillagai ötszöget képeznek. Ezeken kívül az éjszakai csillagzatokhoz számíttatnak még: a *Giraffe*, *Húz*, *Kis Oroszlán*, *Berenike hajfűrtjei*, *Antinusz* vagyis *Ganymedesz*, *Róku*, *Lúd*, *Szobieszky pajzsa*, *Gyík* stb.

II. A déli félgömb csillagzatai.

1) *Orion*; igen szép csillagzat, nagy négyszöget képez, melynek közepén áll a *Három kaszás* vagyis *Jakab botja*.

2) *Eridanusz* folyó; nyolcz csillaga az Orion délnyugati részéről húzódik mint szalag a láthatár felé.

3) A *Nyúl*, az Orion mellett.

4) A *Kis Eb*; csillagai közül a *Prokyon* első nagyságú.

5) A *Nagy Eb*, Orion és a kis Eb között, négyszöget s e mellett háromszöget képez; hozzája tartozik a Szíriusz.

6) A *Czethal*, 7) a *Vízi kígyó* (Hydra) 8) a *Billikom* (Crater) 9) a *Holló* (Corvus), 10) *Argo* hajója, melynek déli része nálunk nem látható; 11) a *Galamb*, 12) a *Centaurusz*, melynek csak felső részét láthatjuk.

Ide tartoznak még: a *Farkas*, az *Oltár*, a déli *Korona*, *Lég-hajó*, *Gém*, *Phoenix*, *Kemencze* stb.

III. Az állatöv csillagzatai.

1) A *Kos* (Aries); első két csillagát a Sarkesillag felől az Andromeda végsőjén át húzott vonal érinti.

2) A *Bika* (Taurus); az előbbtől kelet felé esik a *Füstyűkkel* (Plejades), mely négy csillagból álló csoport, nyugat felé kisebb fényű csillagok (Hyades) s az első nagyságú és veres *Aldebaran* vannak.

3) Az *Ikrek* (Gemini) a Bikától kelet s valamivel éjszak felé esnek, *Kisztor* és *Pollux* s több kisebb csillagokkal.

4) A *Rák* (Cancer), melyben többi közt a *Jászol* (Praesepe) nevű szép csillagescsoport van.

5) Az *Oroszlán* (Leo); négy csillaga, köztük a *Regulus*, hosszú és ferde négyszöget képez a Nagy Medve alatt.

6) A *Szűz* (Virgo), melyhez az első nagyságú, *Kalász* (Spica) nevű csillag tartozik.

7) A *Mérleg* (Libra), amattól keletre; két fényesebb csillaga a Vega felé tart.

8) A *Skorpio*, melyben *Antaresz* első nagyságú csillag van.

9) A *Nyilas* (*Sagittarius*), kis ívet képez egy nyíllal.

10) A *Bak* (*Capricornus*); a fején álló két csillagot azon vonal érinti, mely a Lantot a Sással köti össze.

11) A *Vízöntő* (*Aquarius*, *Amphora*) a Lanttal és Deltinnel egyenes vonalban.

12) a *Halak* (*Pisces*); az egyik a Pegazus és *Vízöntő*, a másik a Kos és *Andromeda* feje között áll.

E csillagképek úgy vannak körülhatárolva, hogy az egész eget elfoglalják. Bennök számos csillagrétegek vagy halmazok vannak, melyek különböző nagyságúak és alakúak, melyek pusztán szemmel nem láthatók s közönséges távesővön nézve csak bágyadt fényű foltoknak, *ködöknek* (*nebula*) látszanak. Ezek többnyire igen sűrűn összehalmozódott csillagokból állanak, úgy mint a pusztán szemmel is látható Tejút. De vannak oly fényes ködök is, melyek a legjobb távesővön nézve sem különödnék el egyes csillagokká, s melyek, mint a szinkép-készülék által tett vizsgálatok bizonyítják, valóságos ködhalmazok, alakatlan, gáznemű, jobbára hidrogénből és nitrogénből álló tömegek. E ködféle tömegek külső körrajzai nagyon különbözők. Meglehet, hogy alakulásban levő csillagok, s hogy a csillagok mind ily ködféle gázanyagokból támadtak.

A naprendszer, úgy látszik, az állócsillagok külön csoportjához tartozik. A Tejút, mely folytonos, itt-ott szétágazó öv gyanánt az egész egen végig vonúl, számtalan állócsillagokból áll, melyek oly sűrűk, hogy egyforma bágyadt csillámot támasztanak. Alakja hihetővé teszi, hogy a csoport, melyhez naprendszerünk tartozik, lencse-alakú s hogy a Nap annak majdnem közepén áll. E lencse szélén a csillagok összehalmozódva látszanak s a Tejútat képezik.

V. Szakasz.

A z É g é s F ő l d á b r á z o l á s a.

I. A földképek.

Távlati és mértani kép. Midőn valamely tárgyat sík lapon, pl. papíron ábrázolunk, különböző módokon járhatunk el. Ha a tárgyakat úgy ábrázoljuk, miként azok *egy* állásponttól tekintve

mutatkoznak, midőn t. i. a távolsághoz képest a látvonalok mind jobban összehajlanak s tehát a távolabb eső tárgyak kisebbeknek látszanak, mint a közelebbiek: akkor oly kép támad, melyet *távlati* (perspectivi) képnek nevezünk. Az ily kép egyes részeit a természetes világítás szerint árnyékoljuk, s ez által az egyes részletek testi alakjai és kölcsönös elhelyezése jobban tűnnek ki; a tárgyak a sík lapon mintegy kidomborodnak.

Az egy oldalról való szemlélés szerint készített távlati kép a tárgyakat általán véve helyesen tünteti fel, de minthogy vonalaik, lapjaik, szögleteik iránya és nagysága az álláspont helye és távolsága szerint változik, azért azoknak valóságos mértani kiterjedéséről és kölcsönös helyzetéről helyes képzeletet nem adhat. A *tájképek* ily távlati rajzok.

Vidéket, hegységet stb. magas álláspontról is szemlélhetünk, s úgy rajzolhatjuk le, mint az ugyanazon magas álláspontról nézve előttünk köröskörül feltárul. Így az úgynevezett *körkép* (panorama) támad, mely igen érdekes és tanulságos lehet, de ebben is a távlati szemlélés ezert helyezkednek és csoportosúlnak a tárgyak. Ezen eljárás szerint is *tájképet* nyerünk, nem pedig mértani rajzt.

Vége a tárgyakat felülről nézve rajzolhatjuk le, úgy mint azokat látnók, ha mint a madár felettök lebegve szemlélnők. Ekkép az úgynevezett *madárnézleti* kép (Vogelansicht, Vogelperspectiv) támad, mely az oldalvásti szemlélés szerint készített távlati képtől nagyon különbözik. Erről meggyőződhetünk, ha pl. valamely várost elsőben messziről oldalvást szemléltünk, s azután annak belsőjében magas toronyba megyünk fel, s onnan nézzük az alattunk elterülő várost. A madárnézleti kép némely tárgyak alakjait és elhelyezését helyesebben mutatja, mint a távlati kép, mégis minél magasabb álláspontról nézzük s minél távolabb esnek a tárgyak, annál inkább ferdülnek el körvonalaik.

A *földképekről* azt kívánjuk, hogy a Földnek kisebb nagyobb részeit *mértani hűséggel* tüntessék fel, hogy rajtuk minden hely és tárgy valóságos kiterjedésében, igazi helyzetében s egymástól való távolságában mutakozzék. A madárnézleti képek, valamint a körképek is kisebb kiterjedésti vidékről, egyes városról, hegycsoportról stb. érdekes és tanulságos ábrázolást szolgáltatnak ugyan, de a tulajdonképi földképeket nem pótolhatják; ezek t. i. nem a távlati szemlélés s nemis a művészet, hanem a mértani rajz szabályai szerint készítetnek, melyeknél fogva az illető hely és terület s a rajta levő tár-

gyak kellő szabatossggal, mértani hűséggel rajzoltatnak le. Min-
dazáltal vannak a tájképi s a madárnézleti rajz szabályai szerint
készített földképek is.

Mértékarány. A tárgyakat rendesen nem természetes nagy-
ságukban, hanem kisebbítve rajzoljuk. Mértani rajznál szükséges,
hogy az alkalmazott kisebbített mérték a természetes nagysággal
határozott arányban legyen; szükséges, hogy a kép egészben véve
s egyes részletei határozott és egyenlő nagysági arányban legye-
nak az ábrázolt tárgyak és részeik természetes kiterjedésével.
Azért aránylagos *kisebbitett mértéket* kell készíteni és alkalmazni.
A kép készítésénél használt kisebbített mérték és a természetes
nagyság közötti viszony bizonyos *arányszámmal* fejeztetik ki,
mely a kisebbítés mekkoraságát jelenti. Hogy a kép szerint a ter-
mészetes nagyságot képzelhessük magunknak, a *mértékarányt*
vegyis *skálát* ki kell tenni, s ez úgy történik, hogy a kisebbítés
arányszámát tesszük ki, pl. $\frac{1}{10}, \frac{1}{20}, \frac{1}{40}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{200,000}$; vagy úgy,

hogy kiteszünk, a rajznak bizonyos mértékegysége hány és micsoda
természetes mértékegységet jelent, pl. a képen egy vonal vagy egy
hüvelyk a természetben 1000, 2000, 3000, 4000 ölet jelent; vagy
végre a kisebbített mérték maga oda rajzoltatik a kép valamelyik
szélén, hogy a kiterjedéseket szerinte ezirkaalommal is megmérhes-
sük. Az ily kisebbített mérték részei megmérhetők s bizonyos termé-
szetes mértékegységeknek felelnek meg; a számnok kifejezik, hány
természetes mértékegységet jelent az egész kisebbített mérték s egyes
része. Néha a földképeken sem a kisebbített mérték, sem a mérték-
arány nincs kifejezve; akkor az alkalmazott kisebbítést úgy határoz-
hatjuk meg, hogy a földkép fokhálózata szerint az egy foknyi hosz-
zsúságot mérjük a délkörökön; egy-egy ily foknyi köz a természet-
ben 15 földrajzi mfldnek felel meg; ha tehát pl. úgy találjuk,
hogy az egy foknyi köz a földképen 1 hüvelyk hosszú, kiszámít-
hatjuk a mértékarányt. Egy mfld = 288,000 hüvelyk, ez 15 által
szorozva = 4.320,000, tehát a földkép mértékviszonyát ez az arány-
szám fejezné ki: $\frac{1}{4.320,000}$.

A kisebbítés szerint természetesen a mértékarány változik,
ha pl. a képen egy hüvelyk a természetes nagyság 40 vagy 80
hüvelykét fejezi ki, az illető arányszámok ezek: $\frac{1}{40}$ és $\frac{1}{80}$. Ez utóbbi

csak 2-szer kisebb, mint az előbbi, de az csak az egy irányban való hosszúságbeli kiterjedésekre nézve áll, nem pedig a területi kiterjedésről. A mértékarányok csak a vonalbeli viszonyokat tüntetik fel közvetlenül, vagyis általuk csak az egy irányban, a hosszúságbeli kiterjedésben való kisebbités mértéke van kifejezve; ha tehát a területbeli kisebbités mekkoraságát akarjuk megtudni, az illető arányszámoknak négyzetét kell vennünk. Tehát az a kép, mely az $\frac{1}{80}$ mértékarány szerint van készítve, nemcsak 2-szer, hanem

4-szer kisebb, mint az, mely az $\frac{1}{40}$ mértékarány szerint készült, s ez 1600-szor, azaz pedig 6400-szor kisebb, mint a természetes nagyság.

A mértékarányt vagy törtszám alakjában vagy osztási jellel fejezik ki, t. i. vagy $\frac{1}{40}$ $\frac{1}{80}$, vagy 1 : 40, 1 : 80. Ha a mértékek meg vannak nevezve, pl. 1 hüvelyk = 1 mfdl, vagyis 1" = 4000°, 1 centimeter = 1, 2, 3, 10 kilometer, az arányszámot könnyen kiszámíthatjuk. Legyen pl. 1 vonal = 1000 öl. Miután 1 láb = 144 vonal, 1 öl = 864 vonal, tehát 1000 öl = 864,000 vonal, tehát az arányszám 1 : 864,000. Legyen 1" = 4000°; akkor az arányszám ez lesz : 1 : 288,000. Viszont az adott arányszámból az illető mértékeket számíthatjuk ki. Pl. 1 : 144,000, ez annyit tesz, hogy 1" = $\frac{1}{2}$ mfdl vagyis 2000°. 1 : 7200, ez annyi mint 1" = 100°, mert 7200 a 288,000-ben 40-szer foglaltatik, tehát $1" = \frac{4000^\circ}{40}$.

Külömbőség a térkép és földkép között. Kis területeket a rajzuk levő tárgyakkal egyített, pl. szobát vagy házat úgy képezhetünk le, hogy minden apró részlet, minden fal, ablak stb. kivehető s a kép a természetnek tökéletes, noha kisebbitett hasonmása. Ha a tárgyakat ekkép vízszintes kiterjedésük és beosztásuk szerint képezük le, azoknak *alaprajzát* (Grundriss), illetőleg *fekrajzát*, ha pedig magassági vagy tetőleges kiterjedésük és beosztásuk szerint képezük le, azoknak *fekrajzát*, *homlokrajzát* (Profil, Aufriss), vagyis *szelvényét* kapjuk.

Nagyobb területeket, pl. nagy kiterjedésű épületet és a környező kertet, egész helységet, várost, dűlőt, határt rendesen nem képezhetünk le úgy, hogy minden részlet, kivehető legyen, mert a kép csekély kiterjedése miatt sok dolgot mellőznünk kell; tehát csak arra törekszünk, hogy a kis kép az ábrázolt terület és tárgyak

alakját, beosztását és kiterjedését egészben véve és általánosan tüntesse fel hiven, azaz a kellő arányokban. Ennek már akkor van helye, midőn az alkalmazott mértékarány kisebb mint $\frac{1}{1000}$ mert már ily kisebbités mellett is sok részletet mellőznünk kell, tehát többé nem *alaprajzot*, hanem már csak *tervrajzot* (planumot) vagyis *térképet* készíthetünk. Ilyen képek a városok térképei, melyeken az egyes utcák fekvését és szélességét, a közterek helyzetét és nagyságát, a nevezetesebb és nagyobb épületek helyét, kiterjedését és külső alakját, sőt talán még a kisebb épületek fekvését is kivehetjük; de az egyes házak és udvarok belső berendezését nem láthatjuk többé. Természetes, hogy az ily *tervrajzokban* is annál több részletet kell mellőznünk, minél nagyobb a kisebbités; ha a város nagyságához képest a rajz igen kicsiny, már a kisebb utcákat sem tüntethetjük fel, s be kell érünk avval, hogy az egész városnak alakját s a fő utcák fekvését mutassuk fel. Ily térképeket is csak úgy készíthetünk, ha az illető várost, dűlőt, határt stb. előbb felmérjük, s minél részletesebb a térkép, annál részletesebb felmérést tételünk föl. A térképeken a világtájak szerinti fekvés az által van kimutatva, hogy a délvonol iránya jelöltetik meg.

A *térképek* tehát egyes városokat, határokat stb., a *földképek* vagyis *földalroszok* ellenben egész járásokat, vidékeket, megyéket, tartományokat, országokat, földrészeket, sőt az egész Földet ábrázolják, s azért azokban rendesen sokkal nagyobb kisebbitést kell alkalmaznunk. Földképeken már a helységek és városok külső kiterjedését és alakját sem lehet feltüntetni; csak helyeiket jelöljük meg kisebb nagyobb karikával, mert már neveik is többnyire nagyobb teret foglalnak el, mint egész határjaik a kisebbités arányához képest. Ha igen kis mértéket alkalmazunk, még az összes helységeket sem jelölhetjük meg, s általában minél kisebb a mérték, annál több részletet kell mellőznünk.

A földképek különösen a következőket tüntetik fel:

1) A földrészek, országok, tartományok kiterjedését és alakját, mind vízszintes mind magassági tekintetben; a száraz és vízfedte területek kölcsönös határait.

2) A kisebb nagyobb vízfelületek, tengerek, tavak, mocsárok kiterjedését és alakját, mélységi viszonyait, a folyóvizet.

2) A földfelületek növényzeti viszonyait, erdőségeit, rétjeit, mivelés alatti vidékeit, terméketlen és kopár részeit.

4) Az országok közigazgatási felosztásait, az emberek telepedéseit, a városokat, falvakat, tanyákat stb.

5) A közlekedési utakat, úgy a szárazon mint a vizen. stb.

A földképek mértani rajzok, tehát azok is többé kevesebbé részletes felméréseket, fekvési meghatározásokat tesznek fel. Mindig úgy vannak tájékoztatva, hogy ha előttünk kiterítjük, felfelé éjszak, lefelé dél, jobbra kelet, balra nyugat esik. A földrajzi fekvés pontos meghatározására a szélességet és hosszúságot feltüntető vonalak, az úgynevezett *fokhálózat* szolgál: az illető fokok számai a földképek szélein vannak kitéve, alsó és felső széleiken a hosszúsági, a jobb és bal felőli széleken pedig a szélességi fokok számait találjuk.

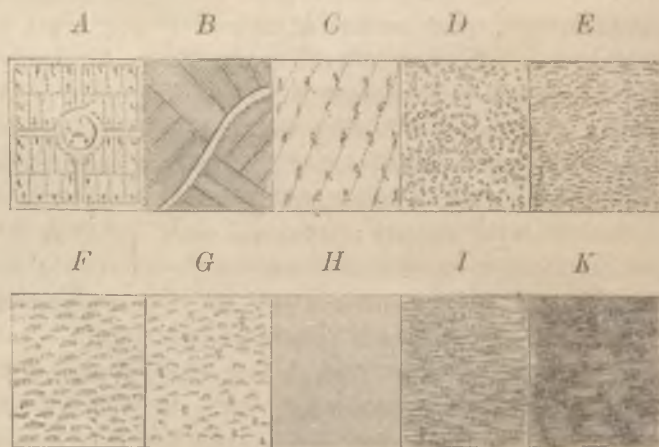
A földfelület minőségének s a helyrajzi viszonyok feltüntetésére használt jegyek. Kíváncsok, hogy a térképek és földképek a Föld felületének viszonyait minél hűvebben és szemléletesebben tüntessék fel. Ámde a földképen a természeti tárgyak kisebbített képét sem rajzolhatjuk; továbbá a földkép nem úgy tünteti fel a természeti tárgyakat, mint azokat rendesen, t. i. oldalvást látjuk, hanem úgy, mint azokat egyenesen felülről nézve látnók. Azért földképen a természeti tárgyak megjelölésére bizonyos jegyeket vagyis jelképeket használnak, s ezeket ismerünk, jelentéseiket tudnunk kell, hogy a földképeket, úgy szólván, olvashassuk, érdekekkel és haszonnal szemlélgethessük és teljesen megérthessük.

A Föld felületének a különböző országok és vidékek szerint változó talajviszonyai vannak: itt számos vízer, patak és folyó, tó és mocsár mutatkozik: amott vízben szürkölködő sülevényes puszták, kopár homokterületek vagy kőmezők vannak; itt buja növényzet dúlakodik, amott kietlen sivatagok borongnak. Egy szóval, a földfelületnek talaja, *helyszíne, terepe* (Terrain) vidékenként nagyon különböző. A földképeknek tehát mindennek előtt a földfelület minőségét, helyszínét kel feltüntetniök; kell, hogy rajtuk helyes és szemléletes *helyszínrajz* legyen.

A földfelületek egyes részeinek minősége és használhatósága szerint megkülönböztetjük: a *mezőt* vagyis *szántóföldeket*; a *réteket* vagyis *kaszálókat*; a *virágos réteket* vagyis *virányokat*; a *legelőket* vagyis *gyepet*; a *vizes réteket*; a földművelésre rendszerint alkalmatlan, silány gyeppel vagy cserjékkel benőtt *fenyéreket* (Heide); a sík és erdőtlen *gyep- és homokpusztákat* (Steppe); az egészen kopár *homok és kősvatagokat* (Wüste). Továbbá megkülönböztetjük a

rengeteg erdőségeket, a kisebb kiterjedésű erdőket, harasztokat, ligeteket és eresztvényeket; a csalitokat, cserjéseket és bokrosokat; a lápok, ingoványokat és zsombékos területeket; a posványokat és mocsárokat, a sásas (Ried) és nádas területeket (Bruch).

Természetes, hogy a talaj ezen különböző viszonyait és alakjait csak térképeken s aránylag nagy mértékű földképeken lehet feltüntetni, s akkor rendszeren a következő módon járnak el. Az erdők helyén kis fácskákat rajzolnak s megkülönböztetik a lombos és tűlevelű fákat, a gyümölcsösöket és füzeseket; de földképen a fácskák helyett rendszeren csak apró karikákat árnyékkal vagy a nélkül rajzolnak. A szántóföldeket vékony hosszúkas s egyenközü pontocskák által jelölik meg, melyek abban az irányban sorakoznak, melyet az eke követ; a réteket és legelőket szabálytalanul elhelyezett fücsomócskákkal, az állóvizeket egyenközü vízszintes vonalakkal jelölik meg; ha e vonalak közé itt-ott fücsomócskákat rajzolnak, vizes rét, vagy nádas támad. A homokterületeket sűrűn rakott pontocskák jelentik.



59. idom.

A kerti földet, B szántóföldet, C szőlőt, D erdőt, E kaszálót, F legelőt, G fenyért, H pusztát, sivatagot, I ingoványt, K mocsárt jelent.

Gyakran a földképeken a hasznos és nevezetes ásványok, érczek, kőszén stb. helyei is külön jegyek által vannak megjelölve. Ezek többnyire azok a jegyek, melyekkel a csillagászatban a bolygókat

szokták megjelölni. Pl. ☉ aranyt, ☾ ezüstöt, ♀ rezet, 4 önt, ♀ kénesöt, ♀ ként jelent stb.

Néha a mivelt földterületeket különböző színnyomattal tüntetik fel; az erdőt rendszeren barna, a kaszálót sötétzöld, a legelőt halványzöld, a szőlőt veressárga színnel ábrázolják; a szántóföldeket pedig fehéren hagyják.

Az országok, tartományok, megyék, járások stb. különböző *határainak* megjelölésére különböző vastagságú pontokat és vonalokat használnak; gyakran a határokat kiszínezik.

Az *utakat* különböző vastagságú, egyes és többes vonalokkal jelölik meg. A *vasutakat* rendszeren egy folytonos vagy szakadozott vastag vonallal, a *kőutakat*, minőségek és jelentőségek szerint, egyes vagy kettős, és különböző vastagságú vonalokkal, az *ösvényeket* szakadozott vékony vonalokkal vagy pontocskákkal szokták megjelölni.

A *folyó vizeket*, különböző nagyságuk szerint, vastagabb vagy vékonyabb vonalokkal jelölik meg, melyek az utak és ösvények vonalaitól különösen az által különböznek, hogy számosabb s rendszeren nagyobb görbületeket és kanyarulatokat mutatnak s hogy nem egyenlő vastagságúak; mert a folyó kezdetétől fogva a két oldalán beömlő mellékvizek által mindinkább növekedik s ezt természetesen a vonal növekedő vastagsága által fejezik ki. Az igen nagy folyók alsóbb szakaszait, kivált nagyobb mértékű földképeken, egyenközű kigyózdó vonalak által árnyékolt szalagokkal ábrázolják, melyekből a fehéren hagyott szigetek világosan kitűnnek. Ekkép a folyó főmedrének és ágainak természetes szélességét is feltüntetik a földképen alkalmazott mértékarány szerint. De kis mértékű földképeken a folyók aránylagos szélességét nem igen lehet feltüntetni, mert a vékony vonal is az alkalmazott mértékhez képest szélesebb, mint a folyó medre.

Általában kis mértékű földképen sok részletet, különösen az utakat, kisebb folyókat és patakokat, mellőzni kell. Még tetemes mértékű földképeken is gyakran nem lehet az utakat, folyókat és csatornákat világosan kitüntetni, kivált oly vidékeken, hol a folyó partján vasút és kőút is van. Hogy a folyóvizek hálózatát az utak hálózatától jobban lehessen megkülönböztetni, gyakran a vizeket kékes színnel ábrázolják; néha a vasutak vonalait is kiszínezik. Így tüntetik fel a telegrafvonalokat s a tengereken a hajók által kövített útvonalokat is.

A kisebb nagyobb *városok, mezővárosok, falvak* stb. minőségét és népességét részint különböző írás (kisebb nagyobb s különböző fekvésű betűk), részint különböző nagyságú és alakú karikák által fejezik ki. Továbbá az egyes tanyákat, posta- és vasúti állomásokat, az egyes épületeket, erősségeket, várakat, templomokat, kolostorokat várromokat stb., azután a tenger partján a réveket és kikötőket, folyóknál a különböző hidakat és más átkelőket megannyi különböző jegyek által jelölik meg. Természetes, hogy ez szintén csak nagy mértékű földképeken lehetséges.

Az itt említett, úgynevezett *helyrajzi* (topographikus) jegyek a földképek valamelyik szélén vagy külön lapon rendszeren fel vannak sorolva jelentésük magyarázatával együtt. Hogy tehát a földképeket olvashassuk és megérthessük, a kitett mértékarányon kívül a jegyeket és magyarázatukat is emléktünkbe kell vésni. A használt különböző írás, valamint a szóróvidítések is meg vannak magyarázva.

Pl. a magyar birodalom azon földképéhez*), melyet 1869 óta a cs. k. katonai földrajzi intézet ad ki, külön lap van mellékelve, mely az írás és jegyek magyarázatát s a mértékarányt foglalja magában. A mértékarány ez:

1: 144,000 a természetes nagyságnak, vagyis 1 bécsi hüvelyk = 2000 b. öl. E mellett két kisebbitett mérték áll; az egyik egy földrajzi mfd és tizedrészeinek, a másik egy myriameter és tizedrészeinek hosszát mutatja, végre még külön az 500, 1000, 1500, 2000, 4000, 6000, 8000 b. öl. hossza is ki van tüntetve kisebbitett mérték által. A használt írás nyolczféle, s ez által a fővárosok, az 5000 és több lakost számláló városok, a kisebb népességű városok, a mezővárosok, a fűrész falvak, egyéb falvak, tanyák, s a háromszögellési pontok, hegyek és erdők nevei vannak megkülönböztetve. A templomok, kolostorok, kápolnák, gémeskutak, kastélyok, várromok, egyes házak, koresmák, postai, vasúti, gőzhajózási állomások, leveghuták, malmok, hámorok, ásványos vizek, a különböző érczek helyei, a bányák stb. megjelölésére 47 különböző jegy van felsorolva és magyarázva; ki vannak továbbá tüntetve az országutak, megyei utak, lovagló és gyalogösvények, mozdonyos és ló-vasutak, az erdős és homokos területek, a szőlők

*) Special-Karte des Königreichs Ungarn mit dem Grossfürstenthume Siebenbürgen, dem Königreiche Croatien und Slavonien, dann der k. k. Militargrenze.

és rizsföldek, a mocsárok és nádasok. Végre a magyarázó lapon ki van tintetve, a földkép illető lapjain mikép ábrázoltatnak a főfolyók, a kisebb nagyobb mellékfolyók és patakok, a kisebb nagyobb tavak, az átkelők, a láncz-, kö-, hajó- és fahidak.

A földfelület domborzata. A föld felülete seholsem tökéletesen egyenes és sima; mindazáltal a feltünő emelkedések és mélyedések nélküli területeket *síkságoknak*, *lapályoknak* nevezzük. Az emelkedés s mélyedés fogalma határozott vízszintes alapsíkra vonatkozik; mindazt, mi a Föld középpontjához közelebb esik, *mélynek*, azt pedig, mi attól távolabb esik, *magasnak*, emelkedettnek mondjuk. A tenger felülete egészben véve mindenütt egyenlő távolságban van a Föld középpontjától, azért a Föld felületén való magasságok és mélységek általános meghatározására alapsíkiul a világtenger tükre, átlagos vízállása szolgál. S az ekkép meghatározott magasság vagy mélység az *általános* (abszolút) magasság vagy mélység. Ellenben ha a magasságok meghatározásánál más alapsíkot használunk, pl. valamely völgy fenekét, vagy folyó tükkrét, a *viszonylagos* (relatív) magasságot nyerjük. Pl. a budai *János hegy* általános, azaz tenger feletti magassága 1650 b. láb, viszonylagos, azaz a Duna átlagos vízállása feletti magassága pedig 1345 b. láb.

Az emelkedések alakjokra, nagyságukra és magasságukra nézve nagyon különbözök. Ezt az elnevezésekben is igyekszünk kifejezni. A csekély kiterjedésű s 100 lábnál nem igen magasabb emelkedéseket *halmoknak* mondjuk; ezek emberek által összehordott földhányások is lehetnek, mint a magyar Alföldön található némely halmok. A nagyobb emelkedéseket *domboknak*, a még nagyobbakat és magasabbakat *hegyeknek* szoktuk nevezni. De a mit itt hegynek mondanak, az másutt csak domb s megfordítva.

Dombos vagy *hegyes vidék* az, melyen számos domb vagy hegy emelkedik; *hullámos vidék* az, melyen csekély magasságú és hosszan elnyúló emelkedések lapos és szintén hosszan elnyúló mélyedésekkel váltakoznak. Az egymás mellett sűrűn emelkedő dombok vagy hegyek *dombcsoportot* vagy *hegycsoportot*, az egy irányban egymáshoz fűződő dombok vagy hegyek pedig *dombsort* vagy *hegysort* képeznek. A majdnem egyenlő magasságban, és csekély szélességben hosszan elterjedő emelkedést, ha nem magas, *földhát*nak, ha tetemes magasságú, *hegyhát*nak nevezzük. A kevés változatosságot mutató, azaz tetemesen kidudorodó magaslatokban s nagyobb mélyedésekben és horpadásokban szűkölködő területet

általában síkságnak, s ha ez a tenger felett csekély, legfeljebb egy két száz lábnyi magasságban terül el, különösen *alsíknak* vagy *mélyföldnek* ha pedig tetemes magasságban terül el, *felsíknak* vagy *magasföldnek* nevezzük.

Az egyes hegynél megkülönböztetjük a *tövé*t, azaz alsó részét, alját, melylyel a környező földön áll; *tetejét*, azaz legmagasb részét, s oldalait vagyis *lejtősegeit*, *lejtőit*. A hegyek alakja nagyon különböző. Ugyanis tetőik gömbölyűek, szegletesek, tompák, hegyesek stb. lehetnek. Ha a hegy teteje vékony és hegyes, *csúcsnak*, *szarv-nak*, *tűnek*, *fognak*, *oromnak*, ha vastag és gömbölyű, *kúp*nak, *kupolának*, *gömbnek* (Kogel), *fejnek* stb., ha olyan mintha egyetlen felmeredő közszállból állana, egyszerűen csak *kőnek* is mondatik.

A hegyek oldalai vagy lassan és szelíden ereszkednek le, úgy hogy könnyen mászhatók meg, tehát *menedékesek*, vagy erősen és hirtelen ereszkednek le s azért nehezen mászhatók meg, tehát *lankásak* és *meredek*ek. Gyakran a hegy oldalai felette meredek, hogy meg sem mászhatók, sőt többé kevesebbé *függőlegesek* és néha *kijárlók* is. Továbbá a hegy oldalainak ereszkedése vagyis *hajlása* lehet *domború* vagy *homorú*, *folytonos* vagy *szakadozott* és fokozatos stb.

Ha képzeletünkben a hegy alján keresztül egyenes vonalt húzunk s e vízszintes vonalra más vonalt a hegy oldalain felfelé a tetejéig ejtünk, a két vonal szögletet képez, mely a *lejtősegi* vagyis *hajlási szöglet* (Böschungswinkel), mert ez mutatja, mekkora hajlása vagyis lejtése van a hegynak. Ha a hajlási szöglet nem nagyobb, mint 10 fok, a hegy oldalán a ló még vágatva mehet fölfelé, de ha 20 foknál nagyobb, a ló már csak bajosan kapaszkodhatik fel; ha 40 foknál nagyobb, már az ember is alig kapaszkodhatik fel, s az ily hajlású hegyoldal már meredeknek mondható.

Egyes s magában álló hegyek, úgy mint egyes hegycsoportok és hegysorok is ritkán fordulnak elő: rendszeren sok kisebb nagyobb hegy, hegysor és csoport egyesülve, mintegy összenöve találhatik. Az ily hegysokaságot *hegységnek* mondjuk. Több hegység együlttve *hegyrendszert* képez. Ilyen pl. az Alpok, a Kárpátok hegyrendszere..

A hegység fő emelkedési vonala rendszeren egy bizonyos irányban terjed el több kevesebb s kisebb nagyobb kanyarulatokkal. Azon fő emelkedési vonal a hegység *tengelye*. Mikép az egyes hegyeknél, úgy a hegysoroknál és hegységeknél is megkülönböz-

tetjük a tövüket, lejtőségeiket és felső részöket; ez utóbbi a hegység *dereka* s ennek legfelsőbb és legkeskenyebb része a hegység *gerince* vagyis *orma*, mely hasonló a házfedél gerinczéhez. Ennek magassága többnyire változó, mert rajta kisebb nagyobb horpadások kisebb nagyobb kidudorodó emelkedésekkel váltakoznak. A hegység gerinczének horpadásai, mélyedései a *nyergek* vagy *hágók*, ha t. i. út megy rajtuk keresztül, kidudorodó emelkedései a hegység *tetői*, csúcsai. Gyakran a hegységnek egyik vagy másik, vagy mindkét oldalán *mellék hegyvonalok* emelkednek; még gyakrabban a hegység fővonalának oldalából szöknek ki hegysorok, melyek a *hegység ágai*.

Megkülönböztetik továbbá az *előhegységeket*, *közepső hegyseégeket* és *főhegységeket*; magasságaik szerint pedig a *kis* vagy *alacsony hegyseégeket*, *közép magasságú hegyseégeket* és *magas hegyseégeket* vagyis *havasokat*. E megkülönböztetések csak viszonylagosak és ingatagok.

A kisebb nagyobb hegységekkel megrakott földterület általán véve *felföldnek*, a mélyebben fekvő, tetemes emelkedésekben szüldődő vidék pedig *alföldnek* nevezetik. Pl. a magyar felföld és magyar alföld.

A felföld s különösen a hegységek az alföld és síkságok felé vagy közvetítő átmenetek nélkül gyorsan, vagy pedig kisebb nagyobb előhegységek, magas fekvésű völgyek és felsíkok által képezett átmenetekkel fokozatosan ereszkednek alá.

Hol emelkedések vannak, okvetlenül *mélyedések* is vannak. Ezek vagy csekélyek és laposak, mint a síkságokon, vagy jelentősebbek, mint a hullámos dombvidékeken. Legnagyobb viszonylagos mélyedések a hegyes vidékeken fordulnak elő. A hegysorok és hegységek gerinceinek mélyedései, a nyergek és hágók, rendszeren a hegység oldalain is lehuzódnak, mint keskeny és mély árkok, vagy mint tágasabb völgyek. A hegységek oldalain levő völgyek nagyon különbözök, majd keskenyebbek majd szélesebbek, oldaluk majd menedékesek majd meredek. E szerint *szurdokok*, *hegynyúdsók*, *hegyzugok*, *hegytörök*, *feneketlenségek*.

Hegynyílás, hegyhasadék, hegytorok oly völgyek, melyek aránylag igen mélyen vannak bévágódva s melyeknek meredek oldalfalaik vannak. A majdnem függőleges oldalú mély völgyet *feneketlenségnek* mondják. Völgynek szorosb értelemben oly mélyedést neveznek, mely a hegység oldalán levonúlván a síkságra nyi-

lik, vagy mely két hegysort, két hegyágot, két hegységet választ el egymástól. A völgy alsó legmélyebb része, melyen többnyire folyóvíz kigyózik el, az ő *feneke* vagy talpa, oldalainak felső része az ő *széle* vagyis párkánya.

Megkülönböztetik a *fő-* és *mellékvölgyeket*, a *hosszanti* és *keresztvölgyeket*. Mellékvölgy az, mely egy más, rendesen tágasabb és hosszabb, völgybe nyílik, ez azután az előbbire nézve fővölgy, de más völgyre nézve szintén mellékvölgy lehet. Hosszanti völgy az, mely két hegység vagy két főhegysor között terjed el, keresztvagyis harántos völgy pedig az, mely a hegysor vagy hegység oldalába van bemélyedve, vagy két oldalvásti hegyág között terjed el. A hosszanti völgy a hegység tengelyének irányát követi, vele többé kevesebbé egyenközű, a harántos völgy ellenben a hegység tengelyére úgy áll, hogy iránya azt hegyes, derék vagy tompa szöglet alatt szegi. A harántos völgyek rendesen meredekebbek, keskenyebbek, mélyebbek, tekervényesebbek mint a hosszanti völgyek.

A hegyek és hegysorok oldalain vagy derekán oly mélyedések is vannak, melyek nem húzódnak le azoknak tövéig, hanem vagy egészen berekesztvék köröskörül emelkedő magaslatokkal, vagy csak egyik másik oldalukon mutatkozik keskeny nyílás. Ily mélyedések, ha oldalaik meredekek s ha tetemes mélységűek és gömbölyűek, *völgykatlanok*, ha nem igen mélyek s hosszukások, *medenczék* vagy *völgyteknők*. Nagy földterületeket, egész országokat is medenczéknek neveznek, ha belsejökben csak kis hegysorok vannak, de széleiken köröskörül magasabb hegységek által környezvék. Ily értelemben vett medenczét pl. Erdély képez; Cseliország is.

A földfelület domborzati viszonyainak ábrázolása. Kivánjuk, hogy a földképek az illető földterületeket minél hívebben ábrázolják, hogy tehát a földfelület domborzati, azaz magassági és mélységi viszonyait és feltüntessék. Bizonyos czélokra nézve ugyan elégséges, hogy a földkép csak a vízszintes kiterjedést ábrázolja, pl. ha csak az ország közigazgatási felosztásait, vasútjainak, távirdai vonalainak hálózatát stb. akarjuk látni. Ily földképeken tehát nines *tereprajz* (Terrainzeichnung). De tudományos czélokra csak tereprajzzal való földképek használhatók. A hegyeket különböző módon ábrázolhatjuk le.

A 60-dik idom valamely hegynek *távlati rajza*. A a teteje, *AOMKF* és *APNLH* a lejtősegei; *FmHn* vonal a tövét, *BCDE* az

azt környező föld vízszintes síkját jelentik, melyen a hegy talpa áll. A hegy tetejéről, A -ból a hegyen keresztül a vízszintes síkra függőlegesen képzelte vonal, t. i. Aq a hegy magassága

vagyis *tengelye*. Ha a Kb függőleges vonalnak b lábpontját F' ponttal kapcsoljuk össze, $F'bK$ derékszögletti háromszög támad, melynek α hegyes szöglete a hegy felületének F' helyénél a hajlási vagyis lejtőségi szögletét mutatja. E háromszög tehát a *lejtőségi háromszög*.

Földképeken azonban a hegyeket s általában az emelkedéseket rendesen nem a távlat szabályai szerint rajzolják. A földképi rajz által különösen kétféle viszonyt akarunk szemléletessé tenni, t. i. az emelkedések *hajlását* és *magasságát*. Mind a két viszonyt előrement mérés által kell megállapítanunk. Az emelkedések magasságait háromszögellési mérések, szintezések vagyis lejtőmérések (nivellement), vagy légsúlymérői észlelések által határozhatjuk meg.

A magassági viszonyok ábrázolására a *szelvények* vagyis *átmetszetek* rajzai szolgálhatnak. Ha hegyet vagy egész hegysort tetejétől le a tövéig függőlegesen ketté hasíthatnánk, s egyik elvágott felét félretolhatnók, a hegynek, illetőleg hegysornak valóságos átmetszetét nyernők, s ha azután ez átmetszet elé állnánk, annak felső körvonalát minden emelkedési és mélyedési kanyaraival együtt, azaz szélét vagyis élét (profiljét) láthatnók. Ily átmetszetet mind a hegysor hosszában, mind azon keresztül képzelhetünk magunknak; amaz hosszanti szelvény, emez keresztmetszet.

Sem egyes hegyet, sem egész hegysort nem hasíthatunk ketté, de ha magasságát számos ponton megmérjük, gerinczének körvonalát a talpának síkjára úgy rajzolhatjuk le, hogy az a kellő magasságban vonúljon el s így a szelvényt is szerkeszthetjük.



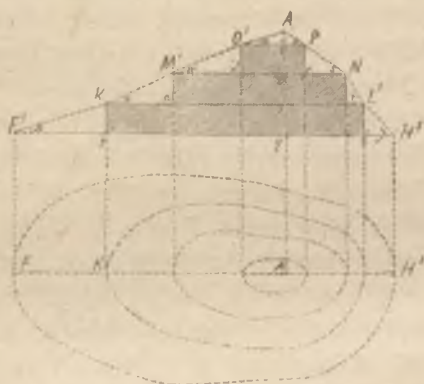
61. idom.

Ez idom egy hegysornak képzelte hosszanti átmetszetét ábrázolja; éle mutat: 1) hegykúpot, 2) hegylapost, 3) hegycsücsöt, 4)

nyerget, 5) domború lejtőt, 6) homorú lejtőt, 7) fokozatos lejtőt, 8) kiszökő lejtőfokot, 9) hegynyílást, 10) völgyet.

De a szelvény csak a felső élnek, a gerincznek hajlásait mutatja, a hegy és hegysor valóságos alakját, egyes oldalain való hajlási viszonyait nem ábrázolhatja. Azért még más eszközökhöz is kell folyamodnunk, midőn a földfelület egyenetlenségeit ábrázolni akarjuk.

A feljebbi 60. idom (l. a 297. lapot) egy hegyet távlati rajzban



62. idom.

mutat, a 62. idom pedig ugyanazt a hegyet $F'AH'$ irányban való homlokrajzban (profil) ábrázolja. A 60-dik idomban $F'AH'$ azon sík, mely a hegynek $BCDE$ talpát vízszintesen szegi, $F'H'$ pedig azon szegő síknak szelvénye, melyet a 62. idomban $F'H'$ jelöl meg. $F'A'$ és $A'H'$ a hegy oldalainak körvonalát,

a szögletek pedig, melyeket ez $F'H'$ vízszintes vonallal képez, a hegy felületének hajlását mutatják.

Hogy a hegy lejtőségi körvonalát helyesen készíthessük s felületének hajlási szögletét több helyen állapíthassuk meg, az egész hegyet fel kell mérnünk. E végre elsőben talpának síkját határozzuk meg, azután ezen alapsík különböző pontjaiból kiindulva felfelé a hegy tetejéig lejtőméréseket bajtunk végre. Továbbá a megállapított egyenlő emelkedési szakaszokon, pl. a 100, 200, 300 stb. láb magas szakaszokon, az egyenlő magasságú pontokat jelöljük meg s ezeket vízszintes vonalokkal kapcsoljuk össze, melyek a hegyet egyenlő magasságú vagyis vastagságú karéjokra osztó síkok határvonalai. E szelő síkok tehát a hegy vízszintes talpával s egymással is egyenközüiek. Látni való, hogy azok mind megannyi *magassági rétegek*, s hogy határvonalaik a hegy oldalain vízszintes és egyenközü görbéket képeznek.

A 60-dik idom azon vízszintes átmetszeteket távlati, a 62-dik idom pedig mértani rajzban mutatja. $K'L'$, $M'N'$, $O'P'$ stb. átmetszések a lejtőségi körvonalát $F'K'$, $K'M'$, $M'O'$ stb. darabokra oszt-

jak, s ezek az x , z , w , v , r , stb. hajlási szögletek által világosan mutatják, milyen hajlása van a hegynek az illető magassági közökben. Látjuk, hogy az így támadt $F'bK'$, $K'cM'$, $M'dO'$ stb. hajlási háromszögek alapvonalai $I'l$, $K'c$, $M'd$ stb. annál rövidebbek, minél nagyobb, s annál hosszabbak, minél kisebb a hajlási szöglet.

Ha már a vízszintes átmetszések egyes pontjairól a hegy alapsíkjára függőleges vonalokat ejtünk s ezek közül azokat, melyek ugyanazon átmetszethez valók, a hegy alapsíkjában összekapcsoljuk, oly zárt görbéket nyerünk, melyek a hegy vízszintes átmetszeteinek vagyis magassági rétegeinek fekrájzat szolgáltatják, mint ezt az idom alsó fele mutatja. A vízszintes görbék t. i. az átmetszési síkok határvonalai, egyik a másiktól ép oly messzire esik, mint a mily hosszúk a hajlási háromszögek alapvonalai. Mikép a rövidebb alapvonal nagyobb hajlási szögletet, nagyobb meredekséget (lejtőfokot) tételez föl, úgy a vízszintes görbéknek egymástól való kisebb vagy nagyobb távolságából is nagyobb vagy kisebb meredekségű hajlásra kell következtetnünk. Minél hirtelenebb az emelkedés, azaz minél meredekebb a lejtő, annál keskenyebbek, s megfordítva, minél menedékesebb és lassúbb az emelkedés, annál szélesebbek az egyenlő nagyságú magassági rétegek határvonalainak közei.

Ezekből látjuk, hogy a magassági rétegek vízszintes fekrájzai a hegy oldalainak görbületéről, hajlásáról s annak magasságáról is szabatos mértani képet szolgáltatnak. A vízszintes vonalok görbületei a hegy alakját, kisebb nagyobb közeik a hegy oldalainak hajlását mutatják, s a magasságot a vonaloknál számokkal is jelölhetjük meg. Természetes, hogy ezen viszonyokról annál részletesebb és világosabb képet nyerünk, minél kisebb magassági karéjakat veszünk: ha pl. 100 lábról 100 lábra állapítjuk meg a magasságokat, helyesebb képet nyerünk, mint ha csak 500 lábról 500 lábra, vagy épen csak 1000 lábról 1000 lábra állapítjuk meg azokat. E magassági rétegek szerint szabatos mértani függőleges átmetszetet is készíthetünk. S a mi egyes hegyről áll, az egész hegysorról, sőt egész tartományról és országról is áll. Egész országnak és földrésznek domborzati viszonyait is vízszintes magassági rétegek megállapítása és fekrájza által ábrázolhatjuk. Ámde erre megkivántatik, hogy az egész ország, illetőleg az egész földrész magassági viszonyai részletes lejtőmérések által meg legyenek határozva. Mert ha csak az imitt amott tett mérések és észlelések által megállá-

pített egyenlő magassági pontokat kapcsoljuk össze, hamis képet nyerünk, mely a természetnek korántsem felel meg. Azután minél nagyobb az ábrázolt terület s minél kisebb a földképen alkalmazott mérték, annál nagyobb mértéket szoktak a magassági rétegek megállapításánál alkalmazni, azaz annál nagyobb közöket vesznek fel. Már az 500 lábnyi magassági karéjok nem ábrázolják kellően a földfelület görbületeinek, emelkedéseinek és mélyedéseinek változatosságát. Ily vastag magassági rétegek által az országnak domborzati viszonyairól csak általános képet nyerünk. E szerint pl. Magyarország egész alföldje, sőt számos dombvidéke is egy magassági réteg kövonalába esnék s felületének változatosságáról semmi felvilágosítást sem nyernénk.

Végre a magassági rétegek görbéi, kivált ott, hol tetemes magasságú hegyek vannak s általában a földfelület igen változatos, nagyon bonyolódott hálázatot képeznek, s a görbék irányait és összeköttetéseit csak szemfárasztó munkával kereshetjük meg. Külömben is testies, kidomborodó képet a görbék nem szolgáltatnak.

Mindezen okoknál fogva a domborzati viszonyokat rendszeren másképen is szokták ábrázolni, t. i. *árnyalással*. E mellett rendszeren azon feltevésből indulnak ki, hogy a világítás mindig felülről, még pedig függőlegesen esik, s hogy tehát a világosság sugarai a vízszintes területeket teljesen, a lejtős területeket pedig annál kevesebbé világítják meg, minél nagyobb az ő hajlásuk. Tehát a gyengébb, halványabb árnyalás gyengébb hajlást, az erősebb, sötétebb árnyalás pedig erősebb hajlást jelent. Az árnyalást vagy mint a képfestésben festés vagyis *elmosás* (Schmierung, Lavirung) vagy *vonalkák húzása* (Schraffirung) által eszközlik, s így megkülönböztetik az *elmosási* és *vonalkázási* rendszert. Mindkét eljárás szorosan véve a magassági rétegek megállapítását teszi föl, e rétegek fekérajzi görbéinek közeit a hajlási fokok szerint gyengébb vagy erősebb árnyalással kapcsolják össze s így az árnyék minősége a hajlás minőségét mutatja az egyes magassági rétegek között.

A vonalkázási eljárást *Lehmann* szászországi őrnagy (meghalt 1811-ben) fejté ki rendszeresen. Ez abban áll, hogy a fehér közök és fekete vonalkák bizonyos meghatározott arányok szerint változnak. Minthogy a 45 foknál erősebb hajlások aránylag ritkán fordulnak elő a természetben, azért *Lehmann* már a 45 foknyi hajlásokot egészen feketére rajzolja, noha a feltevés szerint azok még az egész világításnak felét kapják és csak a 90 foknyi, azaz függő-

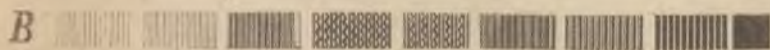
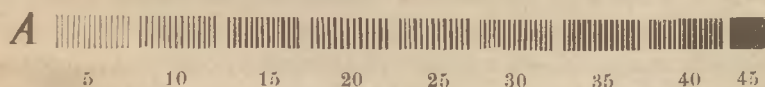
leges hajlások maradnak teljes sötétségben. Azután a következő szabályt állapítja meg Lehmann: *a fekete vonalkák vastagsága vagyis szélessége úgy viszonylik a fehér közök vastagságához, mint az illető lejtő hajlási szöglete viszonylik a 45 foknyi szöglet kiegészítéséhez.* A 0 foktól a 45 fokig való hajlások viszonyait pedig 5 fokról 5 fokra állapítja meg s e szerint a következő aránylatot állítja fel:

A hajlási szöglet nagysága.

A fekete vonalkák és fehér közök aránya.

0°	0 : 45 = 0 : 9.
5°	5 : 40 = 1 : 8.
10°	10 : 35 = 2 : 7.
15°	15 : 30 = 3 : 6.
20°	20 : 25 = 4 : 5.
25°	25 : 20 = 5 : 4.
30°	30 : 15 = 6 : 3.
35°	35 : 10 = 7 : 2.
40°	40 : 5 = 8 : 1.
45°	45 : 0 = 9 : 0.

Müffling porosz földkép-készítő Lehmann eljárását különösen annyiban módosítja, hogy különböző vonalkákat alkalmaz.



63. idom.

A 63. idom mind *Lehmann* mind *Müffling* eljárását mutatja. *A.* a *Lehmann* eljárása, *B.* a *Müfflingé*; a számok a hajlási szögletek fokait mutatják. Például szolgálhatnak a következő idomok.

A 64. idom meg lehetőszen kúpszerű hegyet ábrázol, mely minden oldalán egyenlő meredekséggel s kissé homorú lejtővel ereszkedik le. Tehát a lejtő hajlását ábrázoló árnyék a csúcs körül egyenletesen terjed el. A 65.



64. idom.



65. idom.

idom más tompább tetejű hegyet ábrázol, melynek lejtője különböző hajlási szögleteket mutat, azért az árnyékolás sem egyforma. A hegy kúpját menedékes öv környezi, alább meredekebb, tehát sötétebb, még alább megint menedékesebb övek következnek.



66 idom.

Ez idom oly hegyet ábrázol, melynek egyik oldalán meredek mélyedés van, a másik két oldalon a hajlás a gerincz felől elsőben menedékes, azután meredek, s az egyik oldalon az alsóbb lejtőn egy-szersmind öt szakadék látható; a hegy tövénél a hajlás ismét gyengébb.

A vonalkák iránya általában az, melyet a lejtőn lefolyó víz követ. Hosszúságuk a magassági rétegek közeinek szélességétől függ. T. i. ott, hol a vonalkák kezdődnek és végződnek új meg új magassági réteget kell képzelnünk.

Csak nagy mértékű földképeken lehet a hajlási szögleteket a fehér közök és fekete vonalkák helyes aránya által feltüntetni, s akkor sem mindig szabatosan. Kisebb mértékű földképeken az emelkedéseknek, hegységeknek csak általános jellemét lehet szemléletessé tenni. Általában pedig ritkán lehet a vonalkázási módszer által úgy ábrázolni a hegységeket, hogy a rajz alapján szabatos magassági átnetszetet lehetne készíteni.

Az elmosási módszer a magassági és hajlási viszonyokat még kevesebb szabatossággal ábrázolja. Néha az árnyalást úgy teszik, mintha a világítás egyik vagy másik oldalról esnék; tehát a hegységek azon oldala, mely a világítás felé esik, fehérén hagyatik vagy csak gyengén árnyaltatik, az ellenkező oldal pedig a hajlás nagysága szerint erősen árnyaltatik. Az oldalvásti világítás elve szerint készített földképen a tereprajz jól domborodik ki, de mértani szempontból nem egészen helyes.

Vannak oly földképek is, melyeken a magassági viszonyok különböző színek, vagy egyazon színnek különböző, halványabb és sötétebb, árnyalatai által ábrázoltatnak. Végre az említett különböző rendszerek helyes összekapcsolása által mind tökéletesebb földképeket igyekeznek előállítani. E tekintetben különösen *Hauslab* említendő, ki a magassági rétegek görbéinek közeit vonalkázás és színezés által kapcsolja össze s így igen szemléletes földképeket készít.

A földképek készítésénél tehát a domborzati viszonyok kifejezésére a következő rendszereket alkalmazzák :

- 1) A tájképi ábrázolást,
- 2) A fekrajzot.
 - a) oldaltáji világítással
 - b) függőleges világítással
- 3) A vízszintes magassági rétegek rendszerét.

E rendszerek mindegyikének vannak előnyei és hátrányai. *)

A tájképi ábrázolás a vidéket csak egy oldalról állítja elé ; ez oldalról jól felismerhető képet ad ugyan, de semmiféle mérést nem enged meg s az ily módon készült földképek szerint sem átszeletet, sem domborművet készíteni nem lehet.

A fekrajz oldaltáji világítással a magaslatok lejtőit nem határozza meg, szép képet ad ugyan, de szerinte sem lehet átszeletet vagy domborművet készíteni.

A fekrajz függőleges világítással Lehmann vagy Müffling eljárása szerint mesterséges rendszer, mert az árnyalást úgy alkalmazza, mint az a természetben sohasem fordul elő. Miután a hajlasi szögletek vagyis lejtőfokok a természetben észrevétlenül egymásba mennek át, azokat sohasem lehet tökéletes szabatsággal meghatározni. Azért a Lehmannféle módszer szerint készült földképek alapján sem lehet szabatos átszeletet vagy domborművet készíteni.

A vízszintes rétegek rendszere szerint készült földképeken a földfelület emelkedései ugyan szabatosan vannak meghatározva, de azok nem nyújtanak szembeszökő képet s a képzelődésre nem hatnak, a rétegek összefüggését csak szemfárasztó munkával kereshetjük meg rajtuk.

A vonalkázással összekötött s a Hauslab rendszere szerint színezett rétegrenszer oly földképeket szolgáltat, melyek a mérnöki munkálatokra s a földrajzi tanulmányokra egyaránt alkalmasak.

Oly földképek, melyek a földfelület domborzati viszonyait nem különböző árnyalatú színnel, hanem sokféle színekkel a vízszintes rétegek és vonalkázás nélkül akarják ábrázolni, már nagy tarkaságuk miatt sem alkalmasak, s kidomborodó képet azok sem szolgáltatnak.

Legtökéletesebben a *domborművi földképek* (Reliefkarten) ábrázolják a földfelület domborzati viszonyait. De az csak azon dom-

*) L. Tóth Ágoston : A földkép-készítés jelen állása

borművi földképekről áll, melyekben mind a hosszúságbeli kiterjedésre, mind a magassági emelkedésre nézve egyenlő mérték alkalmaztatik, melyek tehát a természetet egyforma kisebbitésben mutatják. Ezeknél a hosszúsági mértéket oly nagynak kell venni, hogy a magaslatok kellően kivehetők legyenek. De így csak kis területeket ábrázolhatunk. Nagyobb kiterjedésű vidékeket, egész országokat vagy egész földrészeket nem ábrázolhatunk ekkép, mert felette nagy mértéket kellene alkalmazni, minthogy a magassági emelkedések, még a nagy hegységek is a területek hosszúságbeli kiterjedéséhez képest aránylag nagyon csekélyek. Mikor tehát nagy területekről készítenek domborművi földképeket, a hosszsmértéknél sokkal nagyobb kisebbitést alkalmaznak, mint a magassági mértéknél. S e körülménynél fogva a domborművi földképek a magassági viszonyokat többé kevesbbé eltorzított alakban ábrázolják.

A földképek vetülete. A Föld gömbalakú felületét csak gömbön lehet tökéletesen ábrázolni, s azért csak a földtekék valóságos hasonmásai a Földnek. De azok nem igen alkalmasak a használatra, s azért lapos földképekre is van szükségünk, melyek a Földet és kisebb nagyobb részeit vízszintes síkokon ábrázolják. Ámde sík lapra a gömb felületét sem egészben, sem egyes részeiben nem lehet közvetlenül lerajzolnunk, hanem bizonyos közvetítő eljárásokhoz kell folyamodnunk, hogy azt megtehesstük. Ez eljárások matematikai elveken és szabályokon alapítanak s *vetületeknek* (projectio) neveztetnek. A földképek készítésénél alkalmazott vetületek szerkesztéseinek szabályait nem adhatjuk elő részletesen, mert nem a földkép-készítés mesterségét akarjuk tanítani, hanem csak a földképek megértéséhez szükséges dolgokat közleni.

Midőn valamely testet lerajzolunk, mindig bizonyos szempontot veszünk fel, melyből azt valósággal nézzük, vagy pedig csak úgy képzeljük, mintha abból néznők. A fölvetett szempontból kiinduló látási sugarak mint egyes vonalak többé kevesbbé ferdén esnek, a középső pedig, mint tengely, függőlegesen esik a síkra, melyre a rajzot vetjük. A földképek többnyire úgy készíttetnek, mintha a néző szem az ábrázolandó földfelületen kívül levő pontban volna, melyből azon felület minden pontjára egyenes vonalak esnek. Ekkép sok egyenes vonal támad, melyek mind a szempontban találkoznak. Ez összehajló látási vonalak külső körülete vagyis foglalata gúlát vagy kúpot képez, a mint az ábrázolandó felület négyszegletű vagy pedig köralakú.

Továbbá úgy képzeljük magunknak, mintha a látási vonalak rendszerét egy a középső vonalára vagyis tenyelyére függőlegesen eső sík átmetszené, mely sík vagy a szempont és az ábrázolandó felület között, vagy pedig ez utóbbin túl esik. Ez utóbbi esetben a látási vonalak úgy képzeltetnek, mintha az ábrázolando felületen keresztülmennének s azon túlig érnének egészen a szegő síkig. E szerint a fölvetett szempontban levő szemre nézve az ábrázolandó felületnek minden pontja a szegő síkra vetetik át (projiciáltatik), s ekkép támad rajta az illető földfelület képe. A földfelület képének átvetése a szegő síkra az, mit *vetületnek* (projectio) neveznek, a szegő sík pedig a *vetület síkja*.

Földünket és egyes részeit különböző szempontokból rajzolhatjuk. Ha a vetület középpontjául a Földnek egyik vagy másik sarkát veszszük, a vetületi síkot az *egyenlítő* határolja; ha a vetület középpontját az egyenlítőnek valamely pontja képezi, akkor valamely *délkör* a vetületi sík határa; végre ha a Föld felületének bármely más pontja a vetület középpontja, akkor ezen választott pont *láthatára* határolja a vetületi síkot, s az oly kör, mely az egyenközűket és délköröket két helyen szegi.

A középpont fekvése szerint a *sarki*, *egyenlítői* és *láthatári* vetületeket különböztetik meg. Az utóbbit *ferde*, az előbbi kettőt pedig *függőleges* vetületnek is mondják.

Már említettük, hogy a Földet, minthogy gömbalakú, sík lapon sem egészben sem egyes részeiben nem lehet tökéletesen lerajzolni. Ennek oka az, hogy a gömb felületét nem lehet úgy kisíktani, azaz sík lapon lefejtteni, kiterjeszteni, mint pl. a henger és kúp felületeit.

A gömb felületén a délkörök és egyenközűek mindig teljes körvonalok, mindenütt derékszöglet alatt szegik egymást; a délkörök és egyenközűek egyenlő fokú ívei mindenütt egyenlő hosszúságúak, s a terdények (trapez) is, melyeket az ugyanazon egyenközű körök között egyenlő távolságokra eső délkörök képeznek, egyenlő nagyságúak. Mindezek kisebb nagyobb változást szenvednek, midőn a gömb felületét sík lapon ábrázoljuk. S a mely arányban a sík lapon való vonalak alakja és egymástól való távolsága elüt a gömbfelületen való körök alakjától és egymástól való távolságától, a mely arányban tehát a vonalak által képezett ferdények alakja és nagysága is változik: azon arányban a beléjük rajzolt földterületek, országok, tartományok stb. körvonalai is eltérnek

igazi alakjuk és kiterjedésük körvonalaiktól, s így a sík lapon ábrázolt földterületek kisebb nagyobb mértékben eltorzulnak. A földképek készítésénél azért különösen arra kell ügyelni, hogy e hamisítások, ez eltorzítások minél inkább mellőztessenek s minél kisebb mértékre szállíttassanak.

Minél kisebb a földfelületnek része, annál kevesebbé tér el a siktól, tehát annál kisebb nehézséggel jár annak leképeztetése sík lapon. Ha az pl. csak 10—15 mfd hosszú és széles, a rajta elmenő egyenközűek és délkörök iverit nagy hiba nélkül egyenes vonaloknak lehet venni. Akkor tehát az egyenközűek és délkörök illető darabjait egyenes vonalokkal ábrázolhatjuk, s amazok a kiterített földképen balról jobbra, ezek pedig felülről lefelé mennek. Ez utóbbiak, t. i. a délköröket jelentő vonalok, a sark felé összehajlanak azon arányban, a melyben az illető szélességi fokokhoz képest a hosszúsági fokok kisebbednek: tehát annál inkább hajlanak össze, minél közelebb esik az ábrázolt földdarab a sarkhoz. Ily egyenes vonalú földképeket különösen *lapos földképeknek* (Platte Karten) szokták nevezni. Ezek készítésénél tulajdonképi vetületnek nincsen helye.

A földképek készítésénél alkalmazott vetületek két fő osztályba foglalhatók, t. i. a *távlati* és *lefejtési vetületek* osztályába. A távlati vetületek ismét háromfélék: az egyik a *egyenesrajzi* (orthographikus), a másik a *testrajzi* (stereographikus), a harmadik a *középponti* (Centralprojection). Mind a három a vetületi sík fekvése szerint *sarki*, *egyenlítői* és *láthatári* lehet. Ha a szempont a földgömbön kívül végtelen távolságban, azaz oly távolságban képzeltek, hogy a látsugarak egyenközűek vagy majdnem egyenközűek, az *egyenesrajzi* vetület támad. Ha a Földet belül üresnek s átlátszónak képzeljük s az egyik felét a másiknak középpontja felől szemléljük, a *testrajzi vetület* támad. Végre ha a szempontot a Föld középpontjában lenni képzeljük, a *középponti vetület* támad, mely szerint a felületét a koczka hat lapján ábrázolhatjuk.

Az »orthographikus projectio« azon föltevésen alapszik, hogy a néző szem az ábrázolandó félteke felületének középpontjával épen átellenben, végtelen távolságban van, úgy hogy a látvonalok mind egyenközűek egymással s a vetületi síkra egyenesen, függőlegesen esnek. Körülbelül oly formán látjuk a Holdnak felénk fordított felét; mert a látvonalok, melyeket a Holdnak valamelyik pontjáról a Föld felé húzunk, majdnem egyenközűek egymással. Ezen vetület szerint

a kép középpontjától kezdve a szélei felé mind kisebbé válik a mérték, s ennél fogva a széleken ábrázolt területek tetemesen eltorzulnak; azért most nem igen alkalmazzák többé. Ha a sark a kép középpontja, vagyis a *sarki egyenesrajzi* vetület alkalmaztatik, akkor az egyenközűk egyközepű köröket képeznek, a délkörök pedig a kúllók módjára széthajló egyenes vonalak. Ha az egyenlítő valamely pontja a kép középpontja, tehát az *egyenlítői egyenesrajzi* vetület alkalmaztatik, akkor az egyenközűk egyenes vonalokat, a délkörök pedig félkerületeket képeznek, kivéve a középsőt, mely szintén egyenes vonal; a szélső délkör pedig a határoló kör. Midőn végre a *ferde* vagyis *láthatári egyenesrajzi vetület* alkalmaztatik, mind az egyenközűk mind a délkörök kerületeket képeznek, kivéve a középsőt, mely szintén egyenes vonal.

Az egyenesrajzi vetület mellett az egyenközűk s illetőleg a délkörök is a földkép szélén igen összeszorúlnak, a hálózati vonalai a szélek felé mind ferdébb szögletek alatt szegik egymást, tehát a szélek felé a kép mind hamisabb. Ha a sark teszi a középpontot, a fokhálózat meghatározása nem jár nehézséggel, de ha az egyenlítőnek vagy más egyenközűnek valamely pontja a középpont, a fokhálózat meghatározása s az egyenközűk és délkörök kihuzása nem könnyű dolog. — Hipparchosz 150 táján Kr. e. találá föl az *egyesrajzi vetületet*.

Most a *lapos félgömböket* (Planiglob), vagyis azokat a földképeket, melyeken egy-egy félgömb felülete van ábrázolva, rendszeren a *testrajzi* vagyis stereographikus vetület szerint készítik. Ez is a vetületi sík fekvése s a kép középpontja szerint sarki, egyenlítői, vagy ferde lehet. A vetületi sík mindig a gömb valamelyik legnagyobb körének síkja. Úgy vették, mintha a szem a Föld felületének azon pontjában volna, mely az ábrázolandó felület középpontjával épen átellenben esik; azaz a Föld valamelyik átmérőjének egyik pontja az ábrázolandó felület középpontja, ugyanazon átmérőnek ellenkező végpontjában pedig a néző szem van, tehát nem végtelen távolságban, mint az orthographikus vetületnél. Az átmérőre függőlegesen eső legnagyobb kör két egyenlő részre osztja a félgömböt s ezen kör a vetületi sík. E vetület szerint a viszonyok a középponttól kezdve a szélek felé nagyobbodnak, de aránylag esekély mértékben, s azért az eltorzítás sem tetemes.

Midőn az egyenlítő síkja a vetületi sík (sarki vetület), az egyenközűk tökéletes egyközepű köröket képeznek s az egyenlítő

a külső határoló kör; a délkörök pedig a földkép középpontjában találkozó egyenes vonalak. Midőn az egyenlítő valamely pontja a középpont (egyenlítői vetület), mind az egyenközük, mind a délkörök nem-egyközepű köröket képeznek, de az egyenlítő és középső délkör egyenes vonalak, s a szélső délkör a határoló kör. Ha végre a szempont az egyenlítő és sark között van (ferde vetület), az egyenközük és délkörök szintén nem-egyközepű körök, de a középső délkör egyenes vonalt képez.

A fokhálózati meghatározása s a körök kihúzása nem nehéz, midőn valamely sarkpont teszi a középpontot, de az egyenlítői és ferde vetület esetében tetemes bajjal jár.

A testrajzi vetület nemcsak a félgömbök, hanem egyes földrészek ábrázolásánál is szokott alkalmaztatni. Szintén *Hipparchosz* annak feltalálója.

Hogy a testrajzi vetület szerint készült földképeken a középpont körüli s a szélek felé eső vidékek aránytalansága kisebb, s tehát az egész kép annál hűvebb legyen, *De-la-Hire* (1701) a szempontot a gömbön kívül a középpontjától oly távolságra tette, mely egyenlő a sugarával, hozzáadva a gömb legnagyobb körébe írt négyzet egyik oldalának felét. Utóbb *Parent*, *Lowry*, *James* és legújabbán *Clarke* még kedvezőbb állást igyekeztek a szempontnak adni, s így mind jobban tökéletesíték a stereographikus vetületet és ennek különböző fajait.

A középponti vetület szerint úgy képzelik, mintha a szem a Föld középpontjában volna, s a vetületi sík az ábrázolandó területet épen a közepén érintené. E vetület alkalmazásánál a rajzolt terület a vetületi sík érintési pontjától kezdve minden oldal felé aránylag mind nagyobbá lesz, tehát mind inkább eltorzítatik. A délkörök egyenes vonalokat képeznek s ha a vetületi sík a Föld felületét az egyenlítőnél érinti, egymással egyenközűek, különben pedig összehajlanak, még pedig annál inkább, minél közelebb esik az érintkezési pont a sarkokhoz. Ha ez épen egyik vagy másik sarkra esik, a délkörök a sarkpontban egymást szegik s akkor az egyenközük egyközepű körök, különben más alakú görbék, kerületek, parabolák stb. De az egyenlítő az utóbbi esetben egyenes vonalt képez.

Egész félgömböt a középponti vetület szerint egy lapon nem lehet ábrázolni, mert a Föld egész felületét csak hat lapon lehet előállítani. Ilyenkor rendszeren egy-egy lapon a két sarkvidéket, a

többi négy lapon az egyenlítő négy szakasza által felosztott területet ábrázolják. Mondják, hogy e vetületet már miletoszi Thalész (600 körül Kr. e.) gondolta ki. Most még leginkább csak a csillagok abroszainak készítésénél alkalmazzák. A *középponti sarki vetület* esetében az egyenközűk egyközepű köröket képeznek, melyeknek sugarai egyenlők az ő szélességeik kotangenseivel. A *középponti egyenlítői és láthatári vetületek* nagyon sokfélék lehetnek, mert a középpontot tetszés szerint lehet választani.

A távlat nélkül való vetületek a gömbölyű felületek lefejtésén vagyis kisikításán alapúlnak. Megkülömböztetik a *kúpvetületet* és *hengervetületet*.

Mikor a földfelület nagy részét akarjuk ábrázolni, mely tehát valamely gömbövnék kisebb nagyobb része, ezt úgy tekinthetjük, mintha kúpnak öve volna. Ha t. i. a gömbnek öve nem igen széles, vagyis éjszak és dél felé nem nagyon messzire terjed, felülete csakugyan nem igen tér el a kúp hasonló nagyságú övének felületétől. A kúpot pedig, s így kisebb nagyobb övét is ki lehet síkítani. Ha tehát a gömb övének egy részét kúp övére vetjük át s ezt azután egy lapon kisikítjuk vagyis lefejtjük, sokkal kisebb hibát követünk el, mint ha a gömb övét közvetlenül vetjük át a síkra. E mellett úgy képzeljük, mintha a szem a Föld középpontjában volna; a kúpövet mint vetületi síkot vagy úgy helyezzük az ábrázolandó gömbövre, hogy azt a középső egyenközűnél érintse s tehát egészen a gömbön kívül essék, vagy pedig úgy helyezzük, hogy a gömbövet a szélességének felét magok közé foglaló *két* egyenközűben szegi, s tehát a kúpöv azon része, mely a két egyenközű között van, a gömbön belül esik. Az előbbi módot *Ptolemaeusz* (150 Kr. után), az utóbbit *Mercator* (1554) találta ki; noha *De-l'Isle*-ről nevezik, ki azt 1745-ben Oroszország földképe készítésénél alkalmazá. Ha az utóbbi mód szerint fektetjük a kúpövet, éjszakra és délre kiterjedő nagyobb gömbövet ábrázolhatunk le, mivel a kúpfelület és gömbfelület közötti különbség az által kisebbítettik, hogy csak a kétféle öv, t. i. a kúpöv és gömböv szegési vonalaitól kezdve válik nagyobbá a kúpöv felülete, mint a rája átvetett gömböv felülete; ellenben ha a kúpöv csak a középső egyenközűnél érinti a gömbövet, azon különbség mindjárt az érintkezési pontnál kezdődik. Akár az egyik, akár a másik mód szerint járunk el, a földrajzi hosszúság irányában a vetület a gömb felületét egészen hiven tünteti fel, s így egész gömbövet is lehetne ábrázolni, ha a kúpfelület kiterítéséhez

képezt gyűrűalakú földképet akarnánk készíteni. De minthogy rendszeren négyszögletű lapra rajzoljuk a földképet, azért kelet-nyugati irányban nagy darabot nem ábrázolhatunk ekkép. Ily kúpövre átvett földképeken a délkörök egyenes vonalokat képeznek, melyek egy, a sarkon túl fekvő pont felé hajlanak össze; az egyenközük pedig egyközepű körök, melyeknek egymástól való távolsága annál inkább növekedik, minél távolabb esnek a földkép közepétől éjszak és dél felé. Ez tehát a *kúpvetület* vagyis a *kúp lefejtésének* vetülete.

A *hengerfelület lefejtésének* módját vagyis a *hengervetületet* Mercator (Kaufmann Gerhard) találá fel s alkalmazá legelsőben 1569-ben megjelent világképén. Ezen Mercatorféle vetület szerint, mely *derékszögletű* (orthogonal) *vetületnek* is mondatik, a Föld felülete hengeralakúnak képzeltetik, úgy hogy az lefejthető, s egyenközényt képez. Midőn ekkép a földgömb felülete ezt az egyenlítőjében érintő henger felületére vetetik át, természetes, hogy a délkörök egyenlő távolságban maradnak egymástól s nem hajlanak össze a sarkok felé, mint a gömb felületén. Tehát a henger felületén minden egyenközű akkora, mint az egyenlítő, s azért a földkép mértékaránya az egyenlítőtől a két sark felé mind nagyobbá válik. Mert a mily mértékben a délkörök közötti közök az egyenlítőtől a két sark felé növekednek s ennél fogva a gömbfelületen való közöktől mindinkább eltérnek: oly mértékben kell az egyenközük közötti közöket is nagyobbra tenni, hogy a helyes arány megtartassék. S miként a gömb felületén való egyenközűk mekkoraságát minden szélességi fokra nézve ki lehet számítani: úgy a Mercatorféle vetület alkalmazásánál szintén számítással határozzák meg, mennyivel nagyobbak a különböző szélességek alatt a hengerfelületi délkörök közci, mint a gömbfelületi délkörökéi, s mennyivel kell e szerint az egyenközüknek közeit nagyobbítani. A hosszúság és szélesség tehát helyes arányban marad, úgy mint a gömb felületén, csak hogy a henger felületén az egyenközűk fokai mind egyenlők, a délkörökéi pedig az egyenlítőtől a sarkok felé aránylag növekednek; a gömb felületén pedig ellenkezőleg a délköri fokok maradnak egyenlők, s a hosszúsági fokok kisebbednek a sarkok felé. Ennél fogva a Mercatorféle vetület szerint készített földkép az egyenlítőtől a sarkok felé mind nagyobb mértékű, de az illető hosszúsági és szélességi fokok egymáshoz való viszonya helyesen van ábrázolva. S minthogy az egyenes vonalú egyenközűk és délkörök egymást mindenütt

derékszöglet alatt szegik, azért a rajzolt területek körvonalai nem hamisíttattnak meg, nem torzítottatnak el. Természetes, hogy ily módon a Földet egészen a sarkokig nem lehet ábrázolni, mert a sarkok végtelen távolságban képzeltnek s így a sarkoknál a nagyobbitásnak is végtelennek kellene lennie.

Az egyenlítő közelében levő területek ábrázolására a Mercatorféle vetület vagyis a hengeri lefejtés nagyon alkalmas, mert ott az egyenlítőnél a gömb felülete nem üt el nagyon a henger felületétől, s tehát a mérték sem a hosszúságra sem a szélességre nézve nem igen változik. De a Földnek legnagyobb részét az éjszaki szélesség 70–80-dik s a déli szélesség 60-dik és több fokáig is ekkép egy lapon lehet ábrázolni, s azért a Földnek mindkét felét egy lapon ábrázoló földképeket, az úgynevezett *világképeket* is a Mercatorféle vetület szerint készítik. A tengeri földképek pedig általában azon vetület szerint vannak készítve, mert így a hajósok könnyebben jelölhetik meg útjaikat. Ha t. i. folyvást egy bizonyos világtáj felé tartanak, útjuk a Mercatorféle vetület szerint készített földképen egyenes vonalt képez, míg földtekén vagy a távlati vetület szerint készített földképen görbe vonalt képezne, melyet *loxodrom* vonalnak neveznek.

A Mercatorféle vetület szerint a fókhalózat készítése nem jár nehézséggel, mert hiszen az egyenközűk és délkörök egyaránt egyenes és egyenközű vonalok, csak az egyenközű köröknek az egyenlítőtől a sarkok felé aránylag növekedő *távolságait* kell kiszámítani és meghatározni. A szélességi fokok ezen növekedése pedig már ki van számítva, s pl. *Tóth Ágoston* is közli a táblázatot.

Az említett vetületi nemeket idő jártában különbözőleg módosították. Különösen a kúpvetületnek számos módosítványát különböztetik meg. Ilyeneket *Murdoch* és *Lambert* gondoltak ki. Lambert kétféle módosítványai közül az egyiket *izoszphaerikus zenith-vetületnek* nevezik s ezt az olasz *Torgna* alkalmazá legelsőben (1789), azért róla is nevezik; a másikat *orthomorph kúpvetületnek* nevezik, s ezt *Gausz* is kifejté (1822), miért is *Gauszféle vetületnek* nevezik. Az orosz földrajzi társaság ezt fogadá el 1862 ben. — Lambert a hengervetületet is módosítá (1772); ezen eljárása szerint a gömb egyes részei egyenlő nagyságú felületek által ábrázoltatnak a hengerfelületen is, s azért *egyenes izocylindrikus* vetületnek nevezik. *Sanson* francia földkép-készítő (1650) oly vetületet alkalmazott, mely szerint a szélességi körök egyenes és egyenközű s egymástól

egyenlő távolságra eső vonalok; ezeken a hosszúsági fokok igazi arányaik szerint vannak megjelölve s e pontokon keresztül vannak húzva a délkörök, melyek tehát görbe vonalok. A szélességi körök csak a középső délkört szegik függélyesen. Ez eljárás szerint az egész Földet is lehet egy lapon ábrázolni, de képe akkor tojásdad alakú, határoló vonala kertülék, melynek nagy tengelye kétszer akkora, mint kis tengelye.

Mollweide 1805-ben az úgynevezett *homolographikus* vetületet gondolá ki, melyet *Babinet-féle* vetületnek is neveznek; e szerint az egyenközűk szintén egyenes vonalok, de egymástól való távolságaik a szerint változnak, a mint az egyenlő nagyságú felületek arányai megkívánják.

Az olasz *Nicoloti* oly vetületet gondolt ki (1660-ban), mely szerint az egyenközűk a középső délkörön s a délkörök az egyenlítőn egyenlő távolságokra esnek. Ez eljárást az angol *Arrowsmith* fogadá el (1794) s azért róla nevezik.

Apianus (Bienewitz Péter 1524) a *Ptolemaeus-féle* kúpvetületet módosítá, s e módosítást azután a franciaországi tábornoki földképen is követték. Ezt rendesen *Bonne-féle* vagy módosított *Flamsteed-féle* vetületnek nevezik. Szerinte a középső délkör egyenes vonal, s ez minden egyenközűt derékszöglet alatt szeg; a középső egyenközű is minden délkört függélyesen szeg; a gömbfelület ferdényeit a földképen görbevonallú ferdények ábrázolják, melyek egyenközű oldalai aránylag oly hosszúak, mint a gömbön, magasságaik is mindenütt egyenlők s tehát felületeik is. De a középső délkörtől kezdve a ferdények egyik átszögellőjük irányában annál inkább hosszabbodnak s másik átszögellőjük irányában annál inkább rövidülnek, minél távolabb esnek a középső délkörtől. S azért egész félgömböt, sőt nagy kiterjedési országot sem lehet azon eljárás szerint ábrázolni.

Silbermann francia tudós 1871-ben az antverpeni nemzetközi földrajzi kongresszuson azt indítványozá, hogy a Föld két vájt félteke belső oldalára rajzoltassék s azután a lapos félgömbök a vájt féltekékről fényképezés útján állíttassanak elő. Így maga a természet projiciálja a gömb felületét a sík lapra, s minden mesterséges vetület feleslegessé válik. De a lefényképezett lapos félgömbök még sokkal eltorzítottabb képet szolgáltatnak, mint a mesterséges vetület szerint készített képek, mert az ábrázolt felületek arányai a gyútpont kisebb nagyobb távolsága szerint változnak.

A földképek osztályozása. A földképeket részint az alkalmazott mérték, részint különböző rendeltetésök szerint osztályozzák és nevezik el.

Oly földképeken, melyeken a kisebbités nem nagyobb, mint $\frac{1}{25,000}$ vagy $\frac{1}{30,000}$, a terep vagyis helyszín alakja, a talaj minősége stb. még elég hiven és részletesen ábrázolható. De mihelyt a kisebbités még nagyobb, legott már sok dolgot mellőznünk kell, más dolgokat pedig, melyeket, mint pl. az utakat, hidakat, esatornákat stb. mellőzni nem akarunk vagy nem lehet, kelleténél nagyobb arányokban kell rajzolniunk. Ily rajzok azután tulajdonképi földképek vagyis földrajzi képek, nem pedig térképek.

Azon földképeket, melyek mértékaránya $\frac{1}{25,000}$, illetőleg $\frac{1}{30,000}$ és $\frac{1}{144,000}$, illetőleg $\frac{1}{150,000}$ között változik, rendesen *helyrajzi földképeknek* (topographische Karten) nevezik, mert rajtuk a helyrajzi viszonyokat egészen véve még kellő részletességgel lehet ábrázolni.

A kisebb mértékű földképeken, pl. azokon, melyek mértékaránya $\frac{1}{150,000}$ — $\frac{1}{500,000}$, némely részletet már mellőzni kell, mindazáltal a földterületek általános természeti viszonyait, az utakat, a lakott helyeket stb. még elég hiven lehet ábrázolni, s azért még az ily kisebb mértékű földképeket is gyakran a *különleges földképek* (Spezialkarten) közé számítják. Az $\frac{1}{500,000}$ -nál kisebb mértékű földképeken már csak a főbb viszonyokat lehet ábrázolni, s azért azokat *általános és átnézeti földképeknek* mondják (Generalkarten). De a megkülömböztetések csak viszonylagosak és ingatagok. Némelyek a különleges földképek közé csak azokat számítják, melyek mértékaránya nem kisebb mint $\frac{1}{100,000}$; általános földképeknek azokat mondják, melyek mértéke nem kisebb, mint $\frac{1}{250,000}$; végre az $\frac{1}{500,000}$ — $\frac{1}{1,000,000}$ mértékű földképeket *átnézeti*eknek mondják.

A különböző országokban a táborkarok a különleges és általános földképek készítésében különböző mértékarányt alkalmaznak. Nevezetesen a következő mértékarány alkalmaztatik:

Ország	A katasteri földméré- seknél	A térképezésnél	A különleges földképeknél	Az általános földképeknél
Osztizák-Magyar monar- chiában	1 : 2880 (1" = 40°)	1 : 28,800 (1" = 400°)	1 : 144,000 (1" = 2000°)	1 : 288,000 (1" = 4000°)
Poroszországban . .	1 : 4000	1 : 25,000	1 : 100,000	—
Franciaországban . .	1 : 2500	1 : 40,000	1 : 80,000	1 : 320,000
Nagybritanniában . .	1 : 2500	1 : 10,500	1 : 63,360	—

Franciaországban, Belgiumban, Svajczországban stb. hol a meter rendszer divatozik, a következő mértékarányok vannak :

1 kilometer	=	25	millimeter, ez annyi mint	1 : 40,000,
1	»	=	20	» » » » 1 : 50,000,
10	»	=	125	» » » » 1 : 80,000,
10	»	=	100	» » » » 1 : 100,000,
10	»	=	62.5	» » » » 1 : 160,060,
100	»	=	162.5	» » » » 1 : 320,000,

Nagybritanniában ;

A hat hüvelykes földkép (six-inches-map) annyi mint 6 hüvelyk = 1 statute mile vagyis 5280 angol láb, vagyis 1 : 10,560.

A két hüvelykes földkép (Two-inches-map) annyi mint 2 hüvelyk = 1 statute mile, vagyis 1 : 31,680

Az egy hüvelykes földkép (One-inches-map) annyi mint 1 hüvelyk = 1 statute mile, vagyis 1 : 63,366.

Oroszországban :

1" = 10	szasén = 1 :	16,800 ; 500 szasén = 1 verszt.
1" = 1	verszt = 1 :	42,000.
1" = 2.5	» = 1 :	105,000.
1" = 5	» = 1 :	210,000.
1" = 40	» = 1 :	1,680,000.

A iskolai földképek mértéke rendesen igen kicsiny, a természetes nagyságnak 1, 2, 4, 6 stb., sőt csak 20 és 100 milliomed részét teszi. Ily kis mértékű földképek csak a legnevezetesebb viszonyokat ábrázolhatják s azokat is leginkább csak jegyek által.

A szerint a mint a földképek vagy földkép-gyűjtemények az egész Földet vagy annak kisebb nagyobb részeit ábrázolják, megkülönböztetik : az *egyetemes* (Universalkarte), *részleges* (Particular-karte) és *tartományi, megyei földképeket*. Egyetemes földkép az, mely az egész Földet vagy annak felét ábrázolja, az előbbi esetben világképnek is mondatik (Weltkarte); részleges földkép egyes

földrészt, Ázsiát, Európát stb; tartományi földkép egyes tartományt stb. ábrázol.

Rendeltetésök szerint vannak: *tengeri, vízrajzi, hegyrajzi, földtani, néprajzi, történelmi, íti, postai, távirtdai, terményrajzi, ipari, erdőszeti, bányai* stb. földképek.

A Földet és egyes részeit kisebb nagyobb alakban ábrázoló földképgyűjteményt *Atlasznak* mondják, s megkülömböztetik az *iskolai és kézi atlaszokat*.

A földképek területének kiszámítása. Európa egyes államainak területei kisebb nagyobb pontossággal meg vannak mérve, de a többi földrészek s egyes országaik területeinek nagyságát jobbra csak a földképek szerint kell meghatároznunk. Ha már a Föld egyes darabjainak kiterjedését a földképek szerint akarjuk megmérni, az illető földképet az egyenközök és délkörök irányában húzott egyenes vonalak által minél több kis egyenlő négyszögre osztjuk, s azután az alkalmazott kisebbített mérték szerint meghatározzuk az egyik ily négyszögnek területi nagyságát. Megolvassuk továbbá a földkép határain belül eső egész négyszögek számát s ezzel az egyes négyszög területét szorozván, megkapjuk az összes egész négyszögek kiterjedését. De a földkép szélein rendszeren ketté vágatnak a négyszögek, s tehát a határszéli négyszögek elvágott vagy a földképen belül eső részeinek nagyságát külön és egyenkint kell megmérnünk vagy megbecsülnünk, s az így nyert eredményt az egész négyszögekből nyert összeghez hozzáadnunk. Tökéletesen biztos eredményt alig fogunk elérhetni, már csak azért sem, mivel a papír lap, melyen a földkép rajzolva van, a levegő nyirkosságához képest kiterjed vagy összehúzódik, még pedig egyenlőtlenül. Ha magára a földképre nem akarjuk a négyszög-hálózatot írni, más átlátszó lapra írhatjuk s ezt feszíthetjük ki a földképre. Segédeszközüül a *Klügel* által készített s *Klöden* által közölt *) táblázatot is használhatjuk, melyen az összes földövek kiterjedése féléokról féléokra van \square mfdlekben kiszámítva. Ha pl. valamely ország a szélesség 36° és $41^\circ 20'$ s a hosszúság 8° és $15^\circ 6' 15''$ között fekszik, úgy hogy annak kiterjedése éjszokról délre $5^\circ 20'$, nyugatról keletre pedig $7^\circ 6' 15''$, következőleg számíthat-

*) *Klöden*: Handbuch der Erdkunde, I. kötet, 88 lap, (1872-diki 3-dik kiadás). *Wagner* még sokkal részletesebb táblázatot számított ki \square kilometerekben. *Lá. d. Behm*: Geographisches Jahrbuch III. kötet, XXXVI. s. k. lapokon.

juk ki terjedelmét. A táblázat szerint a 36° — 41° -ig való 10 félfoknyi öv terjedelme = 311,098 □ mfd, ehhez a $20'$ -nyi azaz $\frac{2}{3}$ félfoknyi öv terjedelme, t. i. 15,000 □ mfd adandó, tehát összesen = 326,098 □ mfd. Ez a $10\frac{2}{3}$ félfoknyi övek terjedelme az egész Föld körül. De ebből csak $7^{\circ} 6' 15''$ hosszúság kell, ez pedig

$$\frac{360 \times 60 \times 60}{7.60.60 + 6.60 + 15} = \frac{1.296,000''}{25,575''} = 50.681$$

része, tehát a kérdéses darab terjedelme = 6440 □ mfd. Természetes, hogy a délkörökön és egyenközükön túl terjedő, vagy azokon belül maradó darabocskák kiterjedését külön és egyenként kell meghatározni.

II. A föld- és égtekék s utasítás azok használatára.

A föld- és égtekék alkotó részei. A *földtekék* vagyis *földgömbök* (Globus) Földünknek kisebbitett képei; nagyságuk különböző; az iskolákban használtatni szokott földtekék átmérője rendszeren $\frac{1}{2}$ vagy 1 láb. Az egy lábnyi átmérőjű földteke tetemes gömb ugyan, mégis a Földet csak parányképben tünteti fel, mert annak sarki átmérője, kerék számmal, 4.112,000-szer nagyobb. Ily aránnyal kis földtekén a Föld felületének viszonyait csak általánosságban lehet ábrázolni; a földségeket, tengereket, nagy szigeteket és szigetesoportokat, az országokat láthatjuk ugyan rajta fekvésök és kiterjedésük szerint, de a tavak és folyók, a városok és helységek közül csak a legnagyobbakat és legjelesebbeket találjuk feljegyezve. A száraz felületek többnyire barnás, a tengerek s általában a vízfelületek pedig kékes színnel vannak feltüntetve. A hegységek csak nagyából vannak némileg jelezve.

Vannak azonban oly földtekék is, melyeken a földségek és szigetek emelkedései, hegységei nagyobb gondnal és felőltnbben vannak ábrázolva, még pedig úgy, hogy azok a mesterséges tekén, aránylagos magasságaik szerint, többé kevesebbé kidomborodnak. Ezek domborzati *földtekék*; jóval drágábbak, mint a közönségesek. Ámde a mesterségesen utánczott domborodások aránylag sokkal nagyobbak, mint a földteke nagyságához képest lenniök kellene. Földünk legmagasabb hegycsúcsai közül csak egykettő emelkedik $1\frac{1}{4}$ mfdnyi magasságra s ezen legmagasabb hegycsúcsok emelkedése a tenger tükre fölé körülbelöl csak $\frac{1}{1496}$ részét teszi a Föld

átmérőjének. Ha a kellő arányt meg akarnók tartani, azon legmagasb hegycsúcsoknak az 1 láb átmérőjű földtekén csak egy tized vonalnyira lehetne kiemelkedniök, tehát a földtekén azoknak emelkedése sem volna kivehető.

A földtekén, épen középpontján át, egy vas szál van keresztül szúrva, mely a *földtengelyt* képviseli s mely körül a teke foroghat. Kétfelől kinyúló végei a *sarkokat* ábrázolják.

A földtengelyt képviselő vas szál egy rézből készült s fokokra osztott karikába van illesztve. E karika *délkörnek* neveztetik, mert az, midőn a teke a beléje illesztett tengely körül forgattatik, minden alája kerülő helynek délkörét képviseli.

A tekén továbbá *körhálózat* van. A két sarktól egyenlő távol-ságban levő s a többiek-nél vastagabb körvonal az *egyenlítő*, mely a tekét két egyenlő részre, az északi és déli féltekére osztja. Az egyenlítőn a *hosszúsági fokok* vannak megjelölve; a nagyobb teké-ken minden tizedik, a kisebbeken minden húszadik vagy harmin-czadik fok van számokkal megjelölve. A Prágában *Felkl*-nél készült földtekéken a hosszúsági fokszámítás a *Ferro* melletti délkörön kezdődik s folyvást keletre menve 360-ig folytatattatik. A *Nagy Károly* által Bécsben készített földtekén a *budai* délkör van első-nek véve.

Az egyenlítővel egyenközüleg mind az északi mind a déli féltekén több vagy kevesebb *egyenközű* vagyis *szélességi kör* van, melyek a sarkok felé természetesen kisebbednek. A teke nagyságá-hoz képest minden 10-dik, 20-dik vagy 30-dik szélességi fokon van ily egyenközű kör. Ezek között mind az északi mind a déli féltekén két-két kör különösen van megjelölve, melyek közül az egyik az egyenlítő északi, a másik annak déli oldalán $23\frac{1}{2}$, továbbá az egyik az északi sarktól, a másik a déli sarktól szintén $23\frac{1}{2}$ foknyi távolságra esnek. Az egyenlítő közelében levők a *napfordulók*, az északi a *rákjegyi*, a déli a *bakjegyi* napforduló; a sarkok közelében levők pedig a *sarkkörök*, t. i. az északi és déli sarkkör.

Mindazon egyenközű köröket derékszög alatt más körök sze-gik, melyek egyenlő nagyságúak s egyik sarktól a másikig érnek, vagyis a sarkokon találkoznak. Ezek a *délkörök*, vagyis *hosszúsági körök*. Valóságban annyi délkört képzelhetünk magunknak, a meny-yi pontot vagy helyet képzelünk az egyenlítő körül. De a földteké-ken szintén csak minden 10-dik, 20-dik, vagy 30-dik hosszúsági

fokon van húzva egy-egy délkör. Az első délkör szintén vastagabbra van kifestve, úgy mint az egyenlítő.

E körökön kívül a földtekén rendesen az *ekliptika* vagyis *nappálya*, helyesebben *földpálya* is van megjelölve. Tudjuk, hogy e pályát látszólag a Nap az egen futja meg; de az égtekeről a földtekére van átvive, hogy a Nap látszólagos járását a földtekén is meg lehessen mutatni. A földpálya az egyenlítőt egymással átellenben eső két ponton szegi, s az egyenlítőtől éjszakra és délre a napfordulókig ér. A Felkl-féle földtekéken az ekliptika az egyenlítőt ott szegi, hol a 0° vagyis 360° s ott, hol a 180° van megjelölve, az előbbi az *összpont*, az utóbbi a *tavaszpont*.

A *teljesen felszerelt* földteke alkotó részei a tekén kívül a *délkör*, *láthatár*, *órákör*, *tájékoztató* és *magassági körnegyed*.

A délkört már megemlítettük, az t. i. azon réz karika, melylyel a teke a fa talpba vagyis állványba helyeztetik. Azon réz karikát a *délkör helyettesének* (*vicarius*) is nevezik.

A teke állványának részei a következők:

Felső része néhány újjnyi széles fa karika vagyis párkány. Ez a *láthatárt* ábrázolja, s azért láthatárnak neveztetik; középpontja a teke középpontjával esik össze, úgy hogy a beléje helyezett tekét két egyenlő részre osztja. A láthatárnak egymással átellenben eső két pontján, t. i. a déli és éjszaki ponton egy-egy bevágás van*); ezekbe eresztjük a tekét körülfogaló réz délkört, s így ebben a teke jobbról balra vagy balról jobbra forgatható.

A fa láthatár lapja egyenközü körök által néhány övre vagy karimára van osztva. Legbelső szélén s az utána következő, szintén keskeny karimán számokat látunk, melyek keleten és nyugaton kezdődnek s egyfelől éjszak, másfelől dél felé haladván, összesen négyszer 0-tól 90-ig mennek. E vonások és számok fokokat jelentenek, s a láthatár íveinek fokokban kifejezett távolságát mutatják a déli, nyugati, keleti stb. pontoktól.

Azután szélesebb karima következik, mely 12 szakaszra van osztva s az *állatkör* jegyeit és neveit foglalja magában.

*) A két helyen egy mélyebb s egy kevésbé mély vágány van. Használat alkalmával jobban járunk el, ha a réz karikát a két kevésbé mély vágányba illesztjük, úgy hogy a teke alsó sarka az állvány aljában levő támká felső vágányába jusszon. Ekkor könnyebben forgathatjuk a tekét s felülete nem dörzsölgdik a fa párkányon.

Ezen karima külső szélén megint vonásokkal és számokkal kifejezett fokjelölés van a 12 részre való osztás szerint. Minden állatjegyi rész 30 fokra van osztva.

Arra az egyes napokat jelentő vonásokkal és számokkal megjelölt karima következik, melynek szélesebb részében a hónapok nevei vannak felírva, balról jobbra menő sorrendben. A hónapok napjait jelentő vonáskák és számok úgy vannak helyezve, hogy a hónapoknak mindegyik napja az állatjegyi karimán látható felosztás szerint azon foknak feleljen meg, melyben az egen a Nap állni látszik.

A fa párkány azon karimáit, melyekbe az állatjegyek, hónapok, fokok és napok felosztása van lerajzolva, *csillagászati naptárnak* nevezik.

Végre a fa párkány külső szélén a *világtájak* s rendesen még az állatkor jegyei is vannak megjelölve.

Az *órákör* egy kis rézkarika, mely az éjszaki sarknál a réz délkörhöz van erősítve, s a nap 24 órája szerint vagy 24, vagy kétszer 12 órára van felosztva. Az első esetben az órákor 0 pontja a réz délkör lapjába esik; az utóbbi esetben a kör felső és alsó részén olvasható 12. Az órák számai 1, 2, 3 stb. vagy jobbról balra menő sorban, vagy megfordítva balról jobbra következnek. A tekét mindig úgy kell forgatni, mint az óraszámok egymásután következnek. A *Felkl*féle földtekéken az óraszámok balról jobbra következnek, tehát a láthatár nyugati oldalára eső számok a *délelőtti*, a láthatár keleti oldalára esők pedig a *délutáni* órákat jelentik, s a tekét jobbra kell forgatni. A teke tengelyének kiálló nyúlványához egy mutató van alkalmazva, mely a tekével együtt mozog s így a teke forgása szerint az órákat mutatja.

A *tájézköztató* vagyis kompasz egy kis szelenceze, mely a teke állványának lábai között van alkalmazva, s melyben tetőirányos szögeeske hegyén egy *delejtű* van. Ez szabadon mozoghat, s kék ága éjszak, másik ága pedig dél felé mutat. A szelenceze alsó lapján csillagalakú rajz képében az úgynevezett *szélrózsa*, azaz a *világtájak* irányai vannak lerajzolva és kezdőbetűikkel megjegyezve. A delejtű hegyei nem pontosan mutatnak az éjszaki és déli sark felé, hanem ezektől többet kevesebbet eltérnek. Pl. hazánkban a delejtű éjszaki sarka az éjszaki ponttól *nyugat* felé hajlik el, még pedig az ország különböző vidékein 10—14 fokkal. Budapesten a delejtűnek ezen elhajlása az igazi délkörrel körülbelül 12 foknyi

szögletet képez. Ha tehát Budapesten a földtekét és állványát pontosan a világtájak irányai szerint akarjuk felállítani, úgy kell az állványt helyezni, hogy az éjszakot jelentő \hat{E} betű körülbelöl 12 fokkal kelet felé essék a delejtű éjszaki végétől.

A *magassági körnegyed* (Höhenquadrant) egy réz lemez, melyet csavarral a réz délkörhöz lehet alkalmazni. Ez a teke nagyságához képest hosszabb rövidebb s fokokra van osztva. Tulajdonkép csak oly hosszúnak kell lennie, hogy vele a teke felületének egy negyedét lehessen átfoglalni, tehát rajta 90 foknak kell lennie. De rendesen valamivel, 10 vagy 20 fokkal, hosszabb. A 90 fok épen a csavarnál van; minden tizedik fok számokkal, a többi fokok bevésott vonásokkal vannak megjelölve.

Oly földteke, mely mindezen alkotó részekkel bír, *teljesen felszerelt földteke*.

De vannak egyszerűbb és olcsóbb földtekék is, melyek réz délkörrel, láthatárral, órákörrel, tájékoztatóval ninesenek felszerelve. Ily földtekék nem forgathatók s az állványra úgy vannak körülbelöl helyeztetve, mint a Föld tengelyének állása megkívánja.

Az *égtekék* az eget ábrázolják s egészben véve úgy vannak szerkesztve, mint a földtekék. Az ég oly türes vagy vajt gömbnek látszik, melynek középpontjában a Föld van, azért az ég boltozatát mindig magunk felett, belülről kifelé látjuk. Hogy tehát az égtekén eligazodhassunk s az ég látszatos boltozatával összeegyeztethessük, úgy kell képzelnünk, mintha az égtekén belül, a középpontjában állnánk s onnan láthatnók azt, mi a felületén rajzolva van. Ezen a csillagesoportozatokat, t. i. csak az állócsillagokat, látjuk az illető helyeken rajzolva, a tejúttal stb. Az egyes csillagok fényességök nagysága szerint vannak kiténtetve.

A tekén átmenő vas szál a világtengelyt ábrázolja, mely nem egyéb mint a Földnek megnyújtott tengelye, végpontjai a világ sarkai. Miként a földtekén, úgy az égtekén is megtaláljuk az egyenlítőt, a napfordulókat és sarkköröket s a többi égi egyenközü köröket, valamint a délköröket is, melyek az égtekén elhajlási köröknek neveztetnek s a csillagok egyenes emelkedését mutatják (l. a 91. lapot); az egyenközü körök az égtekén a csillagok éjszaki (+) és déli (—) elhajlását mutatják. Ott van továbbá a nappálya, mely az égi egyenlítőt két átellenben egymástól 180 foknyira levő pontban szegi. Azon pont, melyben a nappálya az égtekén éjszakkelt felé emelkedve, tehát földtekén ellenkezőleg délkeletre süllyedve, az

egyenlítőt szegi, a *tavaszpont*, s ez rendszeren 360 vagyis 0 fokkal van megjelölve. Az ezen ponton átmenő elhajlási kör elsőnek vétetik, s ettől kezdve számítják az egyenlítőn az illető csillagok egyenes emelkedését. Az átellenben, 180. foknál levő szegési pont az *őszpont*. Azon pontok, melyekben a nappálya a fordulókat érinti, a *nyári* és *téli pontok*. Az ezen pontokon átmenő legnagyobb körök az úgynevezett *kolurok*, t. i. az egyik a nap-éj-egyenlőségek kolarja, a másik pedig a napmegállapodás kolarja.

A nappályától mindenütt egyenlő távolságra eső két pont, éjszak és dél felé, a nappálya éjszaki és déli sarkpontja. E két pont az égtekén szintén meg van jelölve s egyik az éjszaki, másik a déli sarkkörbe esik. Ha valamely égtekén a nappálya sarkai nincsenek megjegyezve, könnyen megtalálhatjuk azokat, t. i. az éjszaki sark egyenes emelkedése $= 270^\circ$, a déli sarké pedig 90° , elhajlása mindkettőnek egyaránt $66\frac{1}{2}^\circ$. Ha tehát az egyenlítőnek 270° s illetőleg 90° -dik fokát a réz délkör alá viszszük, ennek $66\frac{1}{2}^\circ$ foka az éjszaki félgömbön az éjszaki, a délin pedig a déli sarkpontot mutatja. A nappályára függőlegesen s a két sarkon keresztül vont körök szélességi köröknek neveztetnek, s égtekén ezek is meg van jelölve minden 10-dik, 20-dik vagy 30-dik foknál. Ha t. i. ily kört valamely csillagon keresztül húzunk, annak azon íve, mely a csillag és nappálya között van, a csillag szélességét mutatja, mely szintén vagy éjszaki (+), vagy déli (-), a mint a csillag a nappályától éjszakra vagy délre esik; a nappálya azon íve pedig, mely a tavaszponttól odaig terjed, hol a csillagon átmenő szélességi kör a nappályát szegi, a csillag hosszúságát mutatja, mely mindig kelet felé számított egészen 360 fokig (l. a 92. lapot). A többire nézve az égtekék egészen megegyeznek a földtekékkel.

Az ég- és földteke tájékoztatása vagyis szabályszerű felállítás. Az ég- és földtekéknek helyzete a láthatári állványon háromféle lehet: t. i. sarkpontjaik eshetnek 1) vagy épen a láthatárba, vagy 2) a láthatári siktól 0 foknyira, vagy 3) sem nem a láthatárba, sem nem felette vagy alatta épen 90 foknyira. Ha a sarkok a láthatári síkba esnek, a tekének *egyes fekvése* van, mely az egyenlítői lakosok földrajzi és csillagászati jelenségeinek magyarázatára szolgálhat; ha a sarkok a láthatártól épen 90 foknyira esnek, vagyis függőlegesen vannak, akkor a tekének *egyenközü állása* van, mely a sarkon való jelenségek felvilágosítására szolgál; s végre midőn az egyik sark a láthatár (a párkány) fölött, a másik alatta van

s egyik sem esik attól 90 foknyira, akkor a tekének *ferde állásu* van. A földi s illetőleg égi tengelynek ezen hajlása vagyis ferdesége a láthatári síkra az egyes helyek földrajzi szélessége szerint változik.

Égtekét vagy földtekét tájékoztatni vagyis szabályszerűen felállítani annyi mint: az égtekét, illetőleg földtekét, azaz állványát, délkörét és tekéjét úgy állítani, hogy az az ég, illetőleg a Föld fekvését úgy tüntesse fel, mint az illető álláspontunkon a természetben mutatkozik. Erre nézve szükséges, hogy a tekének állványa vízszintes fekvésben legyen, vízszintes asztalra helyeztessék; hogy az állvány az illető hely láthatárának világtájai szerint legyen helyezve, tehát északi pontja éjszak s déli pontja dél felé essék; végre hogy a teke maga délkörével együtt az illető hely földrajzi szélessége szerint helyeztessék.

A világtájak fekvését, nevezetesen az éjszak-déli vonal irányát az állvány aljában levő tájékoztató delejtűje mutatja, noha nem tökéletesen. Ha a teke állványához nincs tájékoztató kapcsolva, más tájékoztatót használhatunk, vagy pedig általában más módon is meghatározhatjuk az éjszak-déli vonal irányát. Ezen irányba helyezzük azután a teke réz délkörét, úgy hogy északi sarka éjszak, déli sarka pedig dél felé mutasson. Ez meglevén, a réz délkört az állvány láthatári párkányának vágányaiba úgy helyezzük, hogy északi sarka, ha t. i. az északi félgömbön lakunk, s déli sarka, ha a déli félgömbön lakunk, a láthatári párkány északi s illetőleg déli pontja felett épen annyi foknyira essék, azaz hogy az illető sarknak a láthatári párkány feletti magassága épen annyi fokot tegyen, a hány foknyi a mi helyünk földrajzi szélessége. Ezt tehát ismerünk kell, ha a tekét szabályszerűen akarjuk felállítani. Pest északi szélessége $47\frac{1}{2}$ fok, tehát Pesten a réz délkört úgy kell a vágányokba tenni, hogy északi sarkának a láthatári párkány felett $47\frac{1}{2}$ foknyi magassága legyen, mert a sarkmagasság egyenlő a földrajzi szélességgel. Minthogy a réz délkörön a fokok számai az egyenlítőről a sark felé mennek, azért legjobb az illető hely földrajzi szélességének fokait a 90-ből kivonni s azon fokszámot helyezni az északi s illetőleg déli pont mellé, mely a kivonásból marad. Pl. Pest szélessége $47\frac{1}{2}^\circ$, ez 90-ből levonva marad $42\frac{1}{2}^\circ$, tehát a réz délkört úgy helyezzük, hogy az északi pontnál levő vágányt annak $42\frac{1}{2}$ foka érintse. Így azután az ég- vagy földteke a mi helyünk földrajzi szélessége szerint is fel van állítva. Ha földtekével van dol-

gunk, szabályszerű felállítására után a tekét tengelye körül forgatjuk, míg nem a mi városunk éppen a réz délkör alá esik. Így városunk helye a földtekén éppen a tetőpontba esik, s akkor a fá párkány síkja városunk valódi láthatárának síkját ábrázolja. Ha égtekével van dolgunk s városunk helyét a teke szabályszerű felállítására után a réz délkör alá hoztuk, a teke az égnek azon állapotát mutatja, milyennek városunk láthatárán éppen déli 12 órakor látjuk. Igazítsuk most az óramutatót úgy, hogy a 0-ra vagy a felső 12-re mutasson; s azután az állványt úgy hagyván, a mint van, forgassuk a tekét nyugatra, míg nem az óramutató 6, 12, 18 órára mutat, s így a teke úgy ábrázolja az eget, a mint az esti 6, éjjeli 12, és reggeli 6 órakor mutatkozik. Ekkép bármely éjjeli óra szerint állíthatjuk fel az égtekét s rajta a csillagesoportokat úgy láthatjuk, mint azok az ég boltozatán az illető órában láthatárunkon mutatkoznak. Így a különböző csillagesoportokat s az egyes fő csillagokat is könnyen felismerhetjük. Azon csillagokat, melyeket az egen fel akarunk ismerni, az égteke középpontjával képzelte egyenes vonalak által kapcsoljuk össze, ott, hol e vonalak az égteke felületén egymást szegik, megtaláljuk a csillagesoportok és egyes csillagok neveit. A mely csillagok az égtekén a keleti láthatárnál vannak, azok az illető órában éppen felkelnek, a melyek ellenben az égtekén a nyugati láthatárnál vannak, azok leszállnak, végre azok, melyek a réz délkör alá esnek, éppen azon órában az ég boltozatán legmagasb állásaikat foglalják el, delelnek.

A földtekével megfejtendő feladatok. 1) *Határoztassék meg valamely városnak vagy más helynek földrajzi fekvése.* Fordítsuk a földtekét jobbra vagy balra, míg nem a kérdéses hely a réz délkör alá jut, most nézzük, az egyenlítőn micsoda fokot érint a réz délkör; e fok a kérdéses város hosszúságát mutatja, mely a Felkléle földtekéken Ferrótól keletre számíttatik. Nézzük továbbá a réz délkörön, ennek micsoda foka áll éppen a kérdéses város felett, e fok mutatja annak szélességét. Természetes, hogy ekkép a földtekén csak azon városok fekvését kereshetjük és határozhatjuk meg, melyek rajta fel vannak jegyezve.

2) *Határoztassék meg oly helynek a földtekén való fekvése, melynek hosszúságát és szélességét ismerjük.* Bármely helynek fekvését a földtekén meghatározhatjuk, midőn annak földrajzi hosszúságát és szélességét tudjuk. Elsőben a feladott helynek hosszúságát az egyenlítőn a számok és fokosztási jelek szerint keressük fel; e

pontot megjelöljük s a tekét úgy forgatjuk, hogy az a réz délkör azon oldala alá jusson, melyen a szélességi fokosztás látható. Most a réz délkörön a kérdéses helynek szélességi fokát keressük fel, s így megtaláljuk a pontot, hol a kérdéses hely fekszik. Ekkép oly helyek fekvését is meghatározhatjuk, melyek a földtekén nincsenek felírva.

Határozzuk meg pl. a következő helyek fekvését, melyek földrajzi hosszúságát és szélességét itt közlöm :

Kolozsvár	41° 19' K. H.	46° 45' É. Sz.
Debreczen	39 20 » »	47 31 » »
Nagyvárad	39 35 » »	47 3 » »
Esztergom	36 24 » »	47 48 » »
Besztercebánya	36 49 » »	48 45 » »
Piume	32 5 » »	45 20 » »
Zágráb	33 35 » »	45 48 » »
Kassa	38 59 » »	48 43 » »
Brassó	43 13 » »	45 36 » »
Késmárk	38 9 » »	49 8 » »
Post	36 44 » »	47 28 » »
Buda	36 40 » »	47 30 » »

3) *Kerestessenek fel azon helyek, melyek más meghatározott helylyel ugyanazon hosszúság és szélesség alatt fekszenek.* A megnevezett hely a réz délkör alá vitessék, ha a földtekén fel van írva, vagy határozottassék meg fekvése a 2-dik feladat szerint, ha rajta nincs felírva; ez meglevén, azonnal látjuk, micsoda helyeknek van ugyanazon hosszúságuk, t. i. mind azon helyeknek, melyek a réz délkör felénk fordult íve alá esnek az egyik sarktól a másikig.

Ha továbbá a megnevezett hely szélességét a réz délkörön megjelöljük, s a tekét forgatva nézzük, micsoda helyek jutnak egymás után a délkör megjelölt pontja alá, azt is megtudjuk, mely helyeknek van ugyanazon szélességük. A mely helyek t. i. a réz délkör ugyanazon pontja alá esnek, mindazoknak ugyanazon szélességük van.

4) *Ál'íttassék fel a földteke Földünk fő fekvései szerint.* Tudjuk (1. az 55. lapot), hogy a Földnek fő fekvései a különböző láthatárok szerint ezek: az egyenes, az egyenközü s a ferde.

Hogy a tekének egyenes fekvése legyen, az egyenlítő valamely helyét kell a tetőpontba tennünk; akkor tengelye vízszintesen fekszik s a két sarkpont épen a láthatárba esik. Ily fekvése van Föld-

düneknek az egyenlítő alatt, vagyis az egyenlítő lakóinak így tünnek fel az ég és Föld.

Ellenben hogy a tekének egyenközü fekvése legyen, az egyik vagy másik sarkot kell a tetőpontba tennünk, úgy hogy a teke tengelye a láthatár síkjára függőleges legyen. Így tünnek fel az ég és Föld a sarkok lakóinak.

Végre ha az északi vagy déli félgömbön találató bármely helynek sarkmagassága szerint állítjuk fel a tekét, akkor ferde állása van, mert tengelye a láthatárral kisebb nagyobb szögletet képez. E szöglet nagysága egyenlő a sarkmagassággal és földrajzi szélességgel, s minthogy a sarkmagasság nagyon különböző lehet, a teke ferde fekvései is nagyon különbözők.

5) *Mikép lehet a földtekén különböző helyek fekvését a világtájak szerint meghatározni?* Más helyek fekvését a világtájak szerint vagy saját lakóhelyünkre vagy pedig bármely, tetszés szerint választott, helyre nézve akarjuk megmutatni. Tehát elsőben a földtekét lakó helyünk vagy tetszés szerint választott más hely sarkmagassága és láthatára szerint szabályszerűn kell felállítanunk. Azután azon ponton, hol a réz délkör lakó helyünket vagy általában azt a helyet érinti, melyet kiindulási pontul választottunk, a magassági körnegyedlet erősítjük meg, s lemezét azon hely felé irányozzuk, melynek fekvését akarjuk meghatározni. Azon helyen, hol a magassági körnegyed vége a teke fa párkányát érinti, megtaláljuk a feladott hely világtáját.

Pl. keressük, hogy Pestre nézve micsoda világtáj felé esnek: Moszkva, Kajro, Kalkutta, Berlin, London, Uj-York?

Látjuk, hogy Moszkva ÉK.K. felé, Kajro DK.D. felé, Kalkutta K., Berlin É.ÉNy, London ÉNy, Uj-York Éjszak-Amerikában ÉNy. Ny. felé esnek.

A magassági körnegyed azt is mutatja, micsoda helyeket érintenénk, ha Pestről legrövidebb s egyenes irányban az említett városokba utaznánk.

Azonban ekként csak az egyazon félgömbön levő helyek fekvését a világtájuk szerint lehet egymásra nézve meghatározni. Mikép kell eljárni oly helyekre nézve, melyek nincsenek ugyanazon félgömbön, alább fogjuk látni.

6) *Határozassék meg két helynek különbsége a földrajzi hosszúságra és napi időre nézve.* Bármely két hely közötti különbséget a földrajzi hosszúságra nézve az előbbieket szerint könnyen

megtalálhatjuk. Csak a tekét kell úgy forgatnunk, hogy elsőben az egyik, azután az attól keletre vagy nyugatra eső másik feladott hely jusson a réz délkör alá. Mindegyiknél jegyezzük meg a hosszúságát, a megtalált két szám különbsége megadja a két hely közötti különbséget a hosszúságra nézve.

Pl. keressék, Pest hosszúsága hány fokkal különbözik Konstantinápoly, Bécs, London, Uj-York hosszúságától?

Az utasítás szerint eljárván, úgy találjuk, hogy Pest földrajzi hosszúsága Konstantinápolyétól $9^{\circ} 55'$, Bécsétől $2^{\circ} 42'$, Londonétól $19^{\circ} 15'$, Uj-Yorkétól $43^{\circ} 6'$ -cel különbözik. Páris és Moszkva között a hosszúsági különbség $35^{\circ} 17'$ tesz.

Ha bármely helyeknek hosszúsági különbségét meghatároztuk, azonnal azt is megtudhatjuk, hogy miesoda időbeli különbség van azon helyek között. Tudjuk, hogy Földünk minden 24 óra alatt egyszer fordul meg tengelye körül, tehát egy órai forgására 15 fok, 1 ívfokra 4 időpercz, 1 időperczre 15 ívpercz, 1 ívperczre 4 időmásodpercz, 1 időmásodperczre 15 ívmásodpercz esik.

Tehát a hosszúságbeli különbség ív-fokainak számát 4-gyel szorzuk, s a szorzat az időkülönbséget percekben, az ívpercezeket szintén 4-gyel szorzuk, s a szorzat az időkülönbséget másodpercekben mutatja.

E szerint a feljebb említett példákban Pesten a napi idő a konstantinápolyi időtől 39 első és 40 másodperczcel, a bécsi időtől $10' 47''$ -cel, a londonitól 1 órával 16 első és 40 másodperczcel, az uj-yorkitól 6 órával 12 első és 34 másodperczcel különbözik.

Megtalálván az időkülönbséget, azt is megtudhatjuk, hogy hány óra van bármely más helyen, mikor nálunk pl. reggeli 6 óra vagy déli 12 óra van. Csak azt kell még néznünk, az illető hely keletre vagy nyugatra fekszik-e lakó helyünkötől. Ha keletre fekszik, a talált időkülönbséget a mi helyünkön való időhöz hozzáadni, ha pedig nyugatra esik, abból kivonni kell. Pl. Konstantinápoly keletre esik Pesttől, ha tehát Pesten reggeli 6 óra van, Konstantinápolyban már reggeli 6 óra $39'$ és $40''$ van; ellenben Bécsben ugyanakkor 5 óra $49'$ és $12''$, Londonban 4 óra $43'$ $20''$ és Uj-Yorkban még csak éjfélelőtti 11 óra $47'$ és $36''$ van.

Páris és Moszkva között az időbeli különbség 2 óra 21 első s 8 másodpercz. Minthogy Moszkva Páristól keletre fekszik, azért mikor Párisban dél van, Moszkvában már délután 2 órát $21'$ és $8''$ számitanak.

Mikép bármely két helynek időbeli különbségét földrajzi hosszúságaik különbségéből lehet kiszámítani, megfordítva bármicsoda helyek ismert időkülönbségéből azoknak hosszúságheli különbségét határozhatjuk meg. Az előbbi számítást csak meg kell fordítani, tehát az időbeli különbségnek óráit, perceit és másodperceit 15-tel szorozni kell.

Pl. Pest és Páris közt az időbeli különbség 1 óra 6 percz 56 másodpercz, tehát az ívbeli vagyis hosszúsági különbség a két város közt 16 fok 44 percz. Ebből látjuk, hogy pontosan járó óra segítségével (chronometerrel) a helyek földrajzi hosszúságát lehet meghatározni.

7) *Mikép lehet a földtekén két helynek időbeli különbségét közvetlenül az óramutatóval kikeresni?* A feladott két hely közül azt, mely keletre esik a másiktól, a réz délkör alá fogjuk s az óramutatót az órákörnek azon 12 számára igazítjuk, mely felül esik. *) Azután a tekét keletnek, azaz jobbra forgatjuk, míg nem a feladott másik hely a délkör alá kerül. Midőn a tekét forgatjuk, az óramutató is mozog s így a feladott két hely közötti időkülönbséget közvetlenül mutatja meg.

Pl. tudni akarjuk, miesoda időkülönbség van Pest és Lissabon közt. Pest keletre esvén Lisszabontól, elsőben azt fogjuk a délkör alá, s az óramutatót a felső 12-re igazítjuk, azután kelet felé forgatjuk a tekét, s mikor Lisszabon kerül a délkör alá, az óramutató $1^{\circ} 33'$ -en fog állni. S ennyivel különbözik a pesti idő a lisszabonitól.

8) *Mikép lehet megtudni bizonyos helyen és időben, hogy ugyanakkor hány óra van más adott helyen?* E kérdést úgy fejthetjük meg, hogy a két adott hely közötti időkülönbséget határozzuk meg az előbbi pontban adott utasítás szerint s ezt azután hozzáadjuk a mi időnkhez, ha a kérdéses hely tőlünk keletre esik, vagy pedig a mi időnkől kivonjuk, ha a kérdéses hely nyugatra esik. Pl. meg akarjuk tudni, hogy most, midőn Pesten délelőtti 11 óra van, hány óra van Sz. Péterváran, Pekingben és Bostonban Éjszakamerikában. Azt fogjuk találni, hogy a pesti és sz. pétervári idő között 45 percznyi, a

*) Mikor a tekének az északi félgömbön levő helyek fekvéséhez képest ferde állása van, az órákör egyik 12-vel megjelölt oldala közelebb esik a látbatárhoz mint a másik. A láthatárhoz közelebb eső 12-öt *alsónak*, az átellenben esőt pedig *felsőnek* mondjuk. Ha az óramutató a felső 12-re mutat, a délkörtől lalra eső órák a délelőttiek, a jobbra esők a délutániak.

pesti és pekingi idő között 6 óra 28 percznyi s a pesti és bostoni idő között 5 óra 20 percznyi különbség van. Sz. Pétervár és Peking keletre, Boston nyugatra esnek Pesttől, tehát mikor Pesten délelőtti 11 óra van, Sz. Péterváran délelőtti 11 óra 45 percz, Pekingben délután 5 óra 28 percz, Bostonban pedig reggeli 5 óra 40 percz van.

Az óramutatóval pedig közvetlenül így fejthetjük meg a kérdést, hogy az adott helyeket elsőben a réz délkör alá hozzuk, s az óramutatót arra az órára igazítjuk, mely Pesten van, azután forgatjuk a tekét, míg nem Pest jut a délkör alá. Így az óramutató közvetlenül mutatja, hány óra van a kérdéses helyeken.

9) *Adatván valamely helynek ideje, keressessenek meg azon helyek, melyeken ugyanakkor déli és éjjeli 12 óra van.* Az adott hely, pl. lakóhelyünk, hozzassék a réz délkör alá, s az óramutató igazíttassék a felső 12-re, azután fordíttassék a teke, míg nem a mutató az adott órát mutatja. Pl. mikor Pesten délelőtti 9 óra van, micsoda helyeken van déli 12 óra? Pest hozzassék a réz délkör alá, a mutató tétessék a felső 12-re, forgattassék a teke, míg nem a délelőtti 9 órára mutat. A mely helyek most a teke felső oldalán esnek a délkör alá, ott déli 12 óra van, a melyek pedig a teke tulsó oldalán esnek a délkör alá, ott éjjeli van. Itt csak arra kell ügyelni, vajjon az adott idő délelőtti vagy délutáni óra-e; mert ha délelőtti időről van szó, a tekét nyugatra kell fordítani, mert dél a keleti oldalon keresendő, ha pedig délutáni időről van szó, a tekét keletre kell fordítani.

10) *Keressük meg azon helyeket, melyeknek lakóvárosunkkal egyenlő napi időszakuk van.* Hozzuk lakóvárosunkat a réz délkör alá; mindazon helyeknek, melyek akkor a délkör felső fele alá esnek, ugyanakkor van reggelők, delők stb., mikor nálunk, a réz délkör tulsó fele alá eső helyeknek pedig épen ellenkező napi időszakaik vannak, tehát éjjelők, mikor nálunk dél van.

Itt néhány nevezetesebb városnak földrajzi fekvését közöljük; a hosszúságot Páristól számítva, keletre és nyugatra, egyszersmind az illető időt tesszük ki vonatkozva a párisi idő déli 12 órájára. Ki a Ferro szigetének délkörére akarja viszonyítani a hosszúságot és időt, a Páristól keletre eső városoknál hozzá kell adnia, a nyugatra eső városoknál pedig ki kell vonnia 20 fokot, illetőleg 1 órát 20 perczet.

A város neve	Földrajzi szélesség	Földrajzi hosszúság	Idő, vonatkozva a párisi idő déli 12 órájára
Páris	48° 56' 11"	K. 0° 0' 0"	0 óra 0 perc 0 m. perc (délután.)
Chrisztiania	59 54 44	" 8 23 15	+ 0 » 33 » 33 »
Róma	41 53 54	" 10 8 95	+ 0 » 40 » 36 »
Tripolis (Afrika)	32 53 40	" 10 51 18	+ 0 » 43 » 25 »
Berlin	52 30 17	" 11 3 38	+ 0 » 44 » 14.5 »
Bécs	48 12 35	" 14 2 49	+ 0 » 56 » 11.3 »
Stocholm	59 20 34	" 15 43 33	+ 1 » 2 » 54 »
Jóreménység foka D.	33 56 3	" 16 8 36	+ 1 » 4 » 34 »
Buda	47 29 10	" 16 42 46	+ 1 » 6 » 51 »
Varsó	52 13 6	" 18 41 42	+ 1 » 14 » 47 »
Konstantinápoly	41 0 16	" 26 38 50	+ 1 » 46 » 35 »
Alexandria	31 12 53	" 27 31 30	+ 1 » 50 » 10 »
Pétervára	59 56 30	" 27 58 13	+ 1 » 51 » 53 »
Moszkva	55 45 20	" 35 14 4	+ 2 » 20 » 56 »
Mokka	13 20 0	" 40 59 36	+ 2 » 43 » 58 »
Ispahan	32 49 34	" 49 23 —	+ 3 » 17 » 44 »
Tobolszk	58 30 —	" 65 56 15	+ 4 » 23 » 45 »
Bombay	18 53 —	" 70 29 1	+ 4 » 41 » 56 »
Madraz	13 4 8	" 77 45 10	+ 5 » 11 » 37 »
Tomszk	56 29 39	" 82 38 —	+ 5 » 31 » 32 »
Kalkutta	22 33 11	" 85 59 —	+ 5 » 43 » 38 »
			(estve.)
Malakka	2 11 24	" 99 54 36	+ 6 » 39 » 38 »
Irkutszk	52 17 16	" 101 51 —	+ 6 » 47 » 24 »
Batavia D.	6 7 37	" 101 27 58	+ 6 » 57 » 52 »
Kanton	23 7 —	" 110 54 —	+ 7 » 23 » 36 »
Peking	39 54 13	" 114 6 —	+ 7 » 36 » 24 »
Manilla	14 36 —	" 118 49 59	+ 7 » 54 » 35 »
Nangazaki	32 45 0	" 127 26 15	+ 8 » 29 » 45 »
Ockotszk	59 21 —	" 140 51 —	+ 9 » 23 » 49 »
Sydney D.	33 51 41	" 148 51 33	+ 9 » 55 » 26 »
Péterpálréve	53 0 59	" 156 24 —	+ 10 » 25 » 33 »
Aukland D.	36 50 —	" 172 22 —	+ 11 » 29 » 47 »
Ellenlábasak szigete	49 40 0	" 177 19 36	+ 11 » 49 » 18 »
Tahiti »	17 29 21	Ny. 151 49 19	— 10 » 7 » 17 »
Pitkairn	25 3 37	" 132 28 47	— 8 » 51 » 7 »
Meliko	19 25 45	" 101 25 30	— 6 » 45 » 42 »
Uj-Orleans	29 57 47	" 92 22 —	— 6 » 9 » 50 »
Havanna	21 9 24	" 84 43 8	— 5 » 38 » 51 »
Panama	8 57 0	" 81 49 —	— 5 » 27 » 21 »
Washington	38 53 39	" 79 23 15	— 5 » 17 » 33 »
Buenos-Ayres D.	34 36 18	" 60 30 14	— 4 » 2 » 57 »
Rio-Janeiro	22 54 23	" 45 28 48	— 3 » 12 » 56 »
Bahia »	12 58 23	" 40 51 15	— 2 » 43 » 25 »
Rejkiavik	64 8 26	" 24 15 15	— 1 » 37 » 3 »
Liszaon	38 42 24	" 11 28 45	— 0 » 45 » 55 »
Dublin	53 23 13	" 8 40 39	— 0 » 34 » 43 »
Madrid	40 24 30	" 6 10 31	— 0 » 24 » 42 »
Edinburg	55 57 23	" 5 30 55	— 0 » 22 » 4 »
Bordeaux (olv. Bordó)	44 50 19	" 2 54 56	— 0 » 11 » 40 »
Greenwich	51 28 38	" 2 20 9	— 0 » 9 » 21 »

11) *Kerestessenek meg valamely adott helynek ellenlakói, körülakói és ellenlábasai.* Vitessék az adott hely, pl. Pest, a réz délkör alá s jegyeztessék meg földrajzi szélessége, most nézzük, miesoda hely esik az egyenlítő ellenkező, tehát déli oldalán ugyanazon szélességben a réz délkör alá. Ott vannak Pest ellenlakói. — Pestnek vagy más adott helynek körülakóit pedig úgy találjuk meg, ha Pestet vagy általában az adott helyet a réz délkör alá viszzük s földrajzi szélességét és hosszúságát megjegyezvén, azt nézzük, miesoda hely esik ugyanazon szélességben 180 fokkal odább nyugatra vagy keletre. Ezt meg úgy tudjuk meg, ha az adott helyet, pl. Pestet a réz délkör alá hozván, az óramutatót a felső 12-re igazítjuk s a tekét addig forgatjuk, mignem 12 órával többet mutat, vagyis az alsó 12-re mutat.

Valamely adott hely ellenlábasait végre úgy találjuk meg, ha azt a helyet a réz délkör alá hozván, szélességét és hosszúságát megjegyeztük, s azután az előbbi pontban említett módon azt a helyet keressük, melynek hosszúsága 180 fokkal különbözik, szélessége pedig ugyanaz, mint az adott helyé, de az egyenlítő ellenkező oldalán van.

12) *Határoztassék meg két o'ly helynek fekvése a világtájak szerint, melyek különböző félgömbön vannak.* Az 5-dik pontban láttuk, mikép lehet az ugyanazon félgömbön levő helyek világtájak szerinti fekvését megtalálni. Ha a két hely ninesen ugyanazon félgömbön s a körnegyed nem ér egyiktől a másikig, akkor elsőben az adott helynek ellenlábasait kell megkeresni s ezeknek helye fölött a körnegyedet megerősíteni s azután a másik hely felé irányozni. De az így talált világtáj, vagyis az ellenlábasoktól való irány épen az ellenkezője annak, melyet vennünk kell.

13) *Határoztas ék meg két adott helynek egymástól való távolsága mélyföldekben.* A két hely közül az egyiket a réz délkör alá helyezzük s épen fölötte megerősítvén a körnegyedet, ezt a tekéhez nyomva a másik hely felé irányozzuk. A körnegyed azon része, mely a két hely közt esik, a keresett távolságot fokokban mutatja; ha ezek számát 15-tel szorozzuk, megkapjuk a mélyföldek számát. De midőn a két hely közötti távolság nagyobb, mint 90 fok, akkor az egyik helynek ellenlábasait kell keresnünk s azután azt néznünk, hány foknyira van oda a másik hely. E távolságot a 180-ból kivonjuk, s az így kapott maradék a két hely közötti távolság fokokban.

Ha a két adott hely ugyanazon délkör alatt van, a fokbeli távolságot a réz délkörön olvashatjuk le. Ha két hely ugyanazon egyenközű körön fekszik, az egyenközű ívének fokait 15-tel kell szorozni, s e szorzatot még szinusz $(90^\circ + \varphi)$ -vel is kell szorozni. Itt φ a földrajzi szélesség illető fokát jelenti. Pl. a két hely szélessége 47.5° , hosszúságaik különbsége 16.65° , tehát lesz: $16.65^\circ \times 15 = 249.75$, ez szorozva szinusz $(90^\circ + \varphi) = 0.676$, tehát 168.33 mfl. Ez a távolság Páris és Buda között; ha a szélességi különbséget, mely 1.3 fokot tesz, szintén számba vesszük, 166.6 mflnyi távolságot találunk.

14) *Határoztassanak meg azon helyek, melyek valamely más adott helytől bizonyos meghatározott távolságra esnek.* Ha a távolság földrajzi mfldekben van kifejezve, ezeket osszszuk fel 15-tel, azután az egyenlítőn mérjük ezirkalommal a mfldek számának megfelelő fokok ívét, s a ezirkalomnak ezen nyílását meghagyván, tegyük egyik ágának hegyét az adott helyre s így körülte mint középpont körül húzzunk egy kört; a mely helyek azon kör körletébe esnek, mindazok a keresett s egyenlő távolságra esnek az adott helytől. Midőn a távolság nem mfldekben vagy fokokban, hanem csak más helynek megnevezése által fejeztetik ki, pl. kérdeztetik, Budától micsoda helyek esnek ép oly távolságra mint Berlin, akkor a ezirkalom két szárát kell a két helyre tenni, ily nyílásával kört rajzolni a földtekén s így közvetlenül látjuk az egyenlő távolságra eső helyeket.

15) *Határoztassék meg bármely helyre és időre nézve a Nap állása az egen.* A Nap állását a földteke segítségével ekkép határozzuk meg: a teke állványának párkányán vagyis a láthatáron kikeressük az adott hónapot és napot, azután nézzük, az illető napnak hány fok felel meg a csillagászati naptárban az égi jegyek számrova-tában. Egy-egy hónapra 30 fokot számítunk, tehát a tavaszi nap-éj-egyenlőség óta elmúlt hónapok számát 30 által szorozni s a szorzathoz még az illető napnak megfelelő fokszámot is hozzá kell adni. Így megtaláljuk a Nap által az ekliptikán a tavaszi nap-éj-egyenlőség óta látszólag megfutott fokok számát, s akkor e fokokat a földtekén is kikereshetjük, még pedig úgy, hogy a tavaszi nap-éj-egyenlőség pontjától, vagyis földtekén azon ponttól, hol 180° áll az egyenlítőn, jobbra számítjuk a fokokat. Pl. micsoda fókán az ekliptikának áll a Nap jun. 10-dikén? A tavaszi nap éj egyenlőség óta 2 egész hónap s néhány nap múlt el. Tehát $2 \times 30 = 60$; június

10-dikének a csillagászati naptár számrovata szerint a 20. fok felel meg, s így $60 + 20 = 80$ fok. E szerint a tavaszi nap-éj-egyenlőség-től jun. 10-kéig 80 fokot haladt a Nap, s állását a Felkl-féle földtekén ott találjuk, hol $180 + 80 = 260^\circ$ áll, vagyis a Rákjegyi forduló közelében.

16) *Határoztassanak meg valamely adott helyre és napra nézve* a) *a Nap felkelésének és lenyugvásának ideje*; b) *a reggeli és esteli szürkület kezdete*; c) *a keleti és nyugati távasság*. A földtekét a kérdéses helynek sarkmagassága szerint felállítván, a láthatárnak csillagászati naptárában kikeressük a kitűzött napot s a neki megfelelő állását a Napnak. Ez állást az illető fokszámnál a tekének ekliptikáján megjelöljük, krétával vagy viaszszal, s az így megjelölt pontot a réz délkör alá viszszzük s egyszersmind az óramutatót a felső 12-re igazítjuk. Azután a tekét nyugatra fordítjuk, míg nem a megjelölt pont a láthatárt éri, s a mely időt az óra akkor mutat, az a *Nap felkelésének ideje*. Erre megint a tekét keletre fordítjuk, míg nem a megjelölt pont a láthatárt éri, s most az óra a *Nap lenyugvásának idejét* mutatja. A Nap felkelése és lenyugvása között eltelt idő a nap hosszát jelenti s ha ezt a 24-ből kivonjuk, az éjszaka hosszát is megtaláljuk. Pl. keressük, hány órakor kel fel a Nap május 31-kén Prágában? Ennek éjszakai szélessége több mint 50 fok, tehát e szerint állítjuk a tekét, azután a csillagászati naptárban a május 31-kének megfelelő napállási fokot keressük, ez az Ikrek jegyének $9\frac{1}{2}$ foka, vagy $2 \times 30 + 9\frac{1}{2} = 69\frac{1}{2}$ fok. Hogy a Felkl-féle földtekén a Nap ezen hosszúságbeli állásának megfelelő pontját megtaláljuk, a csillagászati naptárban talált fokszámhoz 180 fokot hozzá kell adni, mert a nappálya tavaszi pontja a 180-dik foknál van a Felk-féle földtekén. Az adott esetben a Nap állásának pontját a $69\frac{1}{2}^\circ + 180^\circ = 249\frac{1}{2}^\circ$ mellett találjuk. Ezt most a réz délkör alá viszszzük s az óramutatót a felső 12-re igazítjuk, mert ez órában delel a Nap. A földtekén a $249\frac{1}{2}^\circ$ mellett megjelölt pontot a teke forgása által a nyugati és keleti láthatárig viszszzük, s ha ekkor nézzük az óramutatót, látjuk, hogy a Nap majdnem reggeli 4 órakor kel fel s majdnem esteli 8 órakor száll le, tehát a nap mintegy 16, az éjszaka pedig 8 óráig tart.

A szürkület akkor kezdődik, mikor a Nap 18 foknyi távolságban van a láthatártól, t. i. alatta van; ha tehát a tekét nyugat és kelet felé tovább forgatjuk addig, míg nem a megjelölt földpályai pont (t. i. $249\frac{1}{2}^\circ$) 18 foknyira a láthatár alá süllyed, s akkor nézzük az

óramutatót, ez mutatja, reggeli hány órakor kezdődik s este hány órakor végződik a szürkület.

Meg kell itt jegyeznünk, hogy ha a Nap hosszúsági fokaihoz a 180-at hozzászámítván, az összeg a 360-at meghaladja, akkor ebből 360-at ki kell vonni, s a maradék szám mutatja azt a fokszámot, mely a Felkl-féle földtekén a Nap állását az illető napra nézve mutatja. Pl. hol áll a Nap jun. 10-kén? $2 \times 30 + 20 = 80$, tehát a hosszúság 80 fokán a tavaszi ponttól, vagyis a Felkl-féle földtekén a $80 + 180 = 260$ foka mellett. Hol áll a Nap december 4-dikén? november a tavaszi nap-éj-egyenlőség óta a 8-dik hónap, tehát $8 \times 30 = 240$, december 4-dikének megfelel a 15-dik fok, tehát $240 + 15 = 255^\circ + 180 = 435^\circ$; ebből kivonandó $360^\circ = 175^\circ$, s e fokszám mutatja a Nap helyét a Felkl-féle földgömbön.

A felkelő és lenyugvó Nap *keleti és nyugati tágasságát* vagyis *távolságát* éjszak vagy dél felé a keleti és nyugati ponttól (lásd a 133-dik lapot) szintén úgy találjuk meg, ha a Nap állásának a földtekén megjelölt helyét a nyugati és keleti láthatárhoz viszszük s azután a fa párkányon a láthatári fokokat mutató rovatban nézzük, melyik foknak irányába esik a teke megjelölt pontja. Pl. az előbbi esetben t. i. Prágára nézve május 31-dikén a keleti és nyugati tágasság éjszak felé 36 fokot tesz.

17) Adatván bizonyos hely és idő, kérdezzük: a) *mekkora a Napnak elhajlása*; b) *micsoda helyeknek tetőpontjába kerül a Nap*; c) *hol áll ez éppen a tetőpontban az adott napon és órában*; d) *micsoda része a Földnek van az adott napon és órában megvilágítva*? Legyen az adott hely és idő Prága május 8-dika délelőtti 10 óra. A földteke az adott hely sarkmagassága szerint (tehát ez esetben az éjszaki sark magassága $50\frac{1}{2}^\circ$) állíttassék s az óramutató a felső 12-re igazíttassék. Azután az előbbieket szerint kerestessék meg a Nap hosszúsága, ez esetben 47° , jelöltessék meg a földtekén a nappálya illető pontja, itt $47 + 180^\circ = 227^\circ$ mellett, s e pont helyeztessék a réz délkör alá. Most nézzük, a réz délkör melyik foka alá esik a megjelölt pont; az adott esetben látjuk, hogy az az éjszaki szélesség 17. foka alá esik, tehát a Nap éjszaki elhajlása május 8-dikán 17° . E fokszám egyszersmind megjelöli azon helyek földrajzi szélességét, melyek felett a Nap függőlyesen vonul át, azaz melyeknek tetőpontjába kerül az adott napon. Szegezzük szemünköt a réz délkör illető pontjára, a 17. fokára, forgassuk a tekét s így közvetlenül látjuk a helyeket, melyekre függőlyesen sít a Nap. — Ha pedig a

tekét csak addig forgatjuk, míg nem az óramutató az adott órát (ez esetben délelőtti 10 órát) mutatja, akkor látjuk, hogy micsoda helynek tetőpontjában áll akkor a Nap, az t. i. az a hely, mely akkor a réz délkör alatt a 17-dik foknál van. Ha végre ezt a helyet, melynek tetőpontjában a Nap az adott időben (délelőtti 10 órakor) áll, a réz délkör kellő fordítása által a tetőpontba helyezzük, (t. i. az adott esetben az éjszaki sark láthatár feletti magassága 17 fokot tegyen), akkor közvetlenül látjuk a Földnek azon felét, mely az adott időben, t. i. május 8-dikán délelőtti 10 órakor (a prágai idő szerint) a Nap által meg van világítva; ez azon fele, mely a földteke láthatára fölé esik. A mely helyek a nyugati láthatár szélén vannak, ott a Nap éppen felkel, s a mely helyek a keleti láthatár szélén vannak, ott éppen lenyugszik akkor, midőn Prágában délelőtti 10 óra van.

18) *Határoztassék meg bármely adott helyre nézve az évrnek leghosszabb napja meddig tart?* A földteke állíttassék az adott hely sarkmagassága szerint, az adott hely vitessék a réz délkör alá s jelöltessék meg a réz délkör s az illető napforduló (a rákjegy, ha az adott hely az éjszaki félgömbön van, s a bakjegy, ha az a déli félgömbön van) szegési pontja, az óramutató igazíttassék a felső 12-re s azután fordíttassék a teke jobbra, míg nem az említett szegési pont a keleti láthatárt érinti, s most nézzük az órát, melyet a mutató mutat, ez a Nap lenyugvásának órája, ez esteli órát kétszer véve, megkapjuk a leghosszabb nap tartását. Legyen Pest az adott hely, azt fogjuk találni, hogy a rákjegy forduló és réz délkör szegési pontja a láthatárt esti 8 órakor érinti, tehát a leghosszabb nap $2 \times 8 = 16$ óra. Legyen Prága az adott hely, azt fogjuk találni, hogy a leghosszabb nap $18\frac{1}{2}$ óráig tart; legyen Róma, a leghosszabb nap 15 óráig tart.

19) *Határoztassanak meg a hideg övrnek azon helyei, melyeken a Nap marc. 21-dike és szept. 22-dike közt le nem nyugszik.* Marc. 21-dikén és szept. 22-dikén a Nap a Földnek felét egyik sarktól a másikig világítja meg, a mint azután a Nap éjszakra vagy délre fordulván, elhajlása növekedik, azon arányban az éjszaki vagy déli sarkon túlig ér a világíttatás köre. Tehát az adott időnek megfelelő nappályai hely vitessék a réz délkör alá, s határoztassék meg a Nap elhajlása. Ez meglevén, vétessék annyi fok, mennyi az említett elhajlásnak megfelel, az illető sarktól az egyenlítő felé s forgattassék a teke; a mely helyek a réz délkörnek így

meghatározott végpontja alá esnek, azokon az adott napon nem nyugszik le a Nap.

20) *Kerestessenek föl azon helyek, hol bizonyos adott holdfogyatkozás látható volt vagy lesz, hol az elsötétedett Hold fölkel és leszáll.* Pl. 1856 okt. 13-dikán a prágai idő szerint estve 11 órakor 52 perczkor a holdfogyatkozás közepe állott be. Hol látták azt? A Felkl-féle földtekét állítsuk fel a prágai sarkmagasság szerint ($50\frac{1}{2}^\circ$) s Prágát a réz délkör alá hozván, az óramutatót esti 11 órára 52 perczre (keletre) igazítsuk. Most keressük a csillagászati naptárban a Napnak október 13-dikai állását; ez $203\frac{1}{2}$ fok; a földpálya ezen fokának helyén állott akkor a Föld s árnyékában a Hold. Azt a pontot tehát a réz délkör alá vesszük s nézzük, micsoda földrajzi szélessége van; az adott esetben az $+8\frac{1}{2}^\circ$. Most a földtekét úgy állítjuk, hogy sarkmagassága azon szélességnek feleljen meg, s aztán forgatjuk a tekét, mígnem az óramutató az alsó 12 felett áll. Ez által azon hely, mely fölött az elsötétült Hold a tetőpontban áll, a földteke tetőpontjába jut. A mely helyek és országok most a felső féltekén vannak, mindazokon látták a holdfogyatkozást, az adott esetben egész Europa és Afrikában látták. — A Hold a réz délkör tetőpontjában áll, tehát a teke nyugati láthatárában levő országok, Peru, Ecuador, Uj-Granada, Jamaika, Kuba, az amerikai Egyesült államok stb. felkelni, a keleti láthatárban levők pedig, mint Hindusztan, Turkesztan, Szibíria, leszállni látták az egészen elsötétült Holdat.

21) *Mutattassanak meg földteke segítségével az évszakok jelenségei.* Tegyük sötét szobában egy kerek asztalt s ennek közepére égő gyertyát, mely oly magas legyen, mint a földteke félátmérője. Azután az asztal szélén bordozzuk körül a földtekét, úgy hogy középpontja mindig a gyertya lángjának síkjában maradjon, hogy forgási tengelye az asztal lapjára mindig körülbelül $66\frac{1}{2}$ foknyira hajolva s a szoba mennyezetének ugyanazon pontja felé legyen mindig irányozva. Ekként eljárván, a földtekének az asztal szélén valahol oly állása lesz, hogy éjszaki sarka van a Napot helyettesítő gyertya felé fordítva, s ha akkor a tekét tengelye körül forgatjuk, látni fogjuk, hogy éjszaki sarka mindig a megvilágíttatás körébe esik, míg ellenben a déli sark a gömb sötét felében marad. Ez tehát azon állás, melyet a Föld június második felében foglal el. Látni, hogy ilyenkor az éjszaki sarkvidék lakóinak a Föld forgása alatt le nem száll, a déli sarkvidék lakóinak pedig fel nem kel a

Nap, s hogy az északi félgömbön a napszakák annyival hosszabbak s az éjszakák annyival rövidebbek, minél távolabb esnek az egyes helyek az egyenlítőtől; a déli félgömbön pedig az ellenkező viszonynak van helye. Ha azután a tekét az asztal azon helyétől körületének egy negyed részéig tovább viszzük, akkor a teke mindkét sarkáig terjed a világosság köre, mert tengelye az előbbi helyzetével egyenközű marad s a szoba mennyezetének ugyanazon pontjára mutat. Ha most forgatjuk a tekét, látjuk, hogy a napszakák és éjszakák az egész gömbön egyenlők. Ily állása van a Földnek szeptember másik felében. Most a tekét az asztal körületének egy negyedével tovább viszzük, tehát az első ponttal épen átellenben eső helyre; most meg a déli sark van a gyertya felé fordítva, s az északi sark esik a sötétség körébe. Ily állása van a Földnek december másik felében. Megint tovább vitetvén a teke, oly állásba jut a második ponttól átellenben eső helyen, milyen ezen második pontjában volt. S ez a Föld állása marczius másik felében. Végre újra az első pontra viszzük a tekét, s így megmutatjuk az évszakok viszonyait.

Az égtekével megoldandó feladatok. 1) *Állíttassék az égteke úgy, hogy bizonyos adott helyre és időre nézve a csillagzatok fekvését mutassa.* Elsőben a réz karikát a tekével együtt úgy helyezzük, hogy sarkmagassága az adott hely földrajzi szélességének megfelelően. Azután a fa párkány csillagászati naptárában a Nap hosszúságát keressük fel, mely az adott napnak megfelel, s az illető pontot a teke nappályáján megjelöljük. (Itt újra megjegyezzük, hogy égtekén a tavaszpont ott van, hol a 360, illetőleg 0 fok áll, tehát mikor égtekével van dolgunk, a csillagászati naptárban talált fokszámhoz nem kell 180-at hozzá adni). A nappálya megjelölt pontját a teke forgása által a réz délkör alá viszzük, s az óramutatót a 12-re igazítjuk. Most a teke úgy mutatja az eget, mint az adott helyen és napon déli 12 órakor látható. Ha azután a tekét keletről nyugatra fordítjuk addig, míg nem a mutató pl. esti 10 órára esik, akkor oly állása van, mint az égnek esti 10 órakor.

Legyen Pest s augusztus 18-dika esti 10 óra adva. A teke állíttassék Pest sarkmagassága ($47\frac{1}{2}^\circ$) szerint, a Nap hosszúsága auguszt. 18-kán 148° , tehát a teke azon pontját, mely a nappálya 148-dik foka mellett esik, a réz délkör alá viszzük, a mutatót esti 10 órára (tehát a keleti oldalon levő 10-re) igazítjuk s azután a tekét nyugatra forgatjuk, míg nem a mutató a felső 12 felett áll. S

most a tekén az illető állásaikban látjuk a csillagzatokat, melyek az említett napon és órában Pesten láthatók.

2) *Mutattassanak meg a sarkkörüli csillagok, vagyis azok, melyek bizonyos adott helyre nézve mindig a láthatár felett vannak, tehát folyvást láthatók, vagy ellenkezőleg soha fel nem kelnek, tehát nem láthatók; továbbá mutattassanak azok, melyek naponként felkelnek és leszállnak.* Az égteke állíttassék az adott hely sarkmagassága szerint, s azután forgattassék a teke saját tengelye körül. Így legott láthatjuk, melyek azon sarkkörüli csillagzatok, melyek folyvást a láthatár felett maradnak, s melyek azok, melyek épen nem, vagy csak részben kerülnek a láthatár fölé. Az ezen sarkkörüli csillagok között éjszakeről délre eső csillagok naponként kelnek fel és szállnak le.

3) *Hogyan lehet az égteke segítségével a csillagokat az egen felismerni?* Az égtekét az első pont utasítása szerint úgy kell állítani, hogy az lakóhelyünk sarkmagassága szerint s az adott napnak és órának megfelelő módon mutassa az eget. Azután kiszemeljük a nevezetesebb és nagyobb csillagokat s megjegyezzük helyeiket az égtekén. Most úgy kell képzelniünk, mintha az égtekén belül a közép-pontjában állnánk s onnan néznök a felületén levő csillagokat, s azoktól az ég boltozatáig egyenes vonalokat húzunk képzeletünkben. E vonalok az égboltozaton épen az illető csillagokra esnek. Ha ekkép elsőben a nagyobb csillagokat találtuk meg az egen, azután majd a kisebbeket s az egész csillagzatokat is fel fogjuk ismerni. Csak nem kell feledniünk, hogy a mit a mesterséges égtekén jobbra látunk, azt az egen balra kell keresniünk s megfordítva, a mi az égtekén balra van, az ég boltozatán jobbra esik, mert midőn arcunkat az égről az égtekére fordítjuk, meg kell fordúlunk.

4) *Keressessék meg a hely, melyet a Nap vagy valamely bolygó bármely adott időben elfoglal.* A Nap illető helyét az állócsillagok között könnyen találhatjuk meg; csak a Nap illető hosszúságát kell a csillagászati naptárban felkeresniünk s a tekén az így talált helyet megjelölniünk. Így pl. május 1-jén a Nap hosszúsága 40.5 fokot tesz, a nappálya ezen pontja a tekén a Kos csillagzat keleti felében van. Tehát ezen pontot a réz délkör alá viszzük, s ekkor az egyenlítőn láthatjuk, hogy a Nap egyenes emelkedése 38, a réz délkörön pedig láthatjuk, hogy a Nap éjszaki elhajlása 15 fokot tesz. Tehát meg van határozva a Napnak május 1-jén való helye. Így járunk el akkor is, ha valamely bolygónak helyét akarjuk bizonyos napra

nézve az égtekén meghatározni. Csak hogy tudnunk kell, micsoda helyet foglal el az illető bolygó az adott napon; ezt a csillagászati naptárakban kell felkeresnünk, (de *nem* az égteke *fa párkányán találtató*, úgynevezett csillagászati naptárban). Pl. Jupiter 1836 december 1-jén a bécsi idő szerinti délben a Földről tekintve (geocentrikus állása) az egyenes emelkedés $140^{\circ} 46'$ s az éjszaki elhajlás $16^{\circ} 4'$ alatt volt. Tehát az egyenlítőnek $140^{\circ} 46'$ melletti pontját a réz délkör alá viszzük s ezen megjegyezzük a $16^{\circ} 4'$ melletti pontot; a mely csillagzatba ez esik, abban látszott a kitett időben Jupiter. — Ha a bolygónak bizonyos adott időre való hosszúságát és szélességét tudjuk, következőképen járhatunk el: a tekét úgy állítjuk, hogy forgási sarka $66\frac{1}{2}^{\circ}$ magasságban legyen a láthatár fölött s a nappálya sarkát a réz délkör alá viszzük, miszerint a nappálya a láthatár síkjába essék. Azután a körnegyedlet a réz délkör tetőpontjánál erősítjük meg s a bolygó adott hosszúságának fokszáma szerint fektetvén azt, rajta olvassuk meg szélességének fokait, még pedig a nappálya és körnegyed szegési pontjától kezdve. Ekkép megtaláljuk a bolygónak az adott napra való helyét az égtekén. Ha ezt a helyet a tekén megjegyezzük s azután a tekét úgy állítjuk, mint lakóhelyünk földrajzi szélessége megkívánja, azonnal megtudhatjuk, mikor és hol kel föl az adott napon a bolygó s vajjon lakóhelyünkön látható-e?

5) *Határoztassék meg valamely megnevezett állócsillagnak egyenes emelkedése és elhajlása.* A megnevezett csillag vitessék a réz délkör alá (mindig azon széle alá, melyen a fokosztás látható), s akkor a délkörön azon pont, hol azt a délkör említett széle érinti, a csillag egyenes emelkedését, a délkör illető foka pedig annak elhajlását mutatja.

6) *Adatván valamely állócsillag egyenes emelkedése és elhajlása, határoztassék meg hosszúsága és szélessége.* Tudjuk, hogy az előbbi pontban említett egyenes emelkedés s az elhajlás a csillagoknak az egyenlítő síkjára vonatkozó állását jelenti, míg a csillagok hosszúsága és szélessége a nappálya síkjára vonatkozik. Ha tehát az egyenes emelkedés és elhajlás tudva van, a hosszúságot és szélességet következőleg határozhatjuk meg: az egyenes emelkedés és elhajlás illető pontját megjegyezzük az égtekén s fölötte a magassági körnegyedlet erősítjük meg, (s e helyett fokokra osztott papír szalagot is használhatunk), s azután úgy fektetjük azt, hogy az egyenes emelkedés és elhajlás illető pontját s egyszersmind a

nappálya éjszaki sarkát érintse, (vagy pedig déli sarkát, ha a csillag a déli félgömbön van, azaz a nappályától délre esik), s e szerint a nappálya síkjára függőlegesen essék. Akkor a nappálya azon pontja, melyben a körnegyed azt szegi, a keresett hosszúságot, a nappálya azon pontja pedig, mely az adott csillagra esik, annak szélességét mutatja. — Még más módon is járhatunk el, t. i. ekkép: a tekét a $66\frac{1}{2}$ foknyi sarkmagasság szerint állítjuk, azaz vagy az éjszaki vagy a déli sarkot emeljük emyire a láthatár fölé, a mint a csillag a nappályától éjszakra vagy délre esik: s azután a nappálya éjszaki vagy déli sarkát viszzük a réz délkör alá, úgy hogy az a tetőpontba, a nappálya pedig a láthatár síkjába jusson. Most a magassági körnegyedet a délkör tetőpontjánál erősítjük meg s a csillag felé fektetjük. Akkor a körnegyednek a nappályától a csillagig eső íve annak szélességét, a nappályának íve pedig, mely a tavaszponttól odáig ér, hol azt a körnegyed szegi, a csillag hosszúságát mutatja.

7) *Adatrán valamely csillag egyenes emelkedése és elhajlása, vagy pedig hosszúsága és szélessége, határozassék meg annak helye az égtekén.* Vitessék az egyenlítőnek azon pontja, mely az adott egyenes emelkedésnek megfelel, a réz délkör alá, s azután számíttassék a réz délkörön éjszak vagy dél felé annyi fok, mennyit az adott elhajlás tesz; akkor a fokok végpontja alá esik az adott csillag helye. — Ha a hosszúság és szélesség van adva, erősíttessék meg a körnegyed a nappálya éjszaki vagy déli sarkához, a mint t. i. a csillag szélessége vagy éjszaki vagy déli, és forgatassék az, mignem széle a nappálya azon pontján áll, mely az adott hosszúságnak megfelel, akkor éjszak (illetőleg dél) felé annyi fok számíttassék, mennyit az adott szélesség tesz, s e fokok végpontja alá esik a csillag helye az égtekén.

8) *Határozassék meg valamely helyre és időre nézve a Nap felkelésének és lenyugvásának ideje, s keleti és nyugati tágassága.* Az égteke állíttassék az adott hely sarkmagassága szerint s az adott időnek megfelelőleg, s azután az óramutató a felső 12-re igazíttassék. Ez meglevén, fordíttassék a teke *keletre*, mignem a nappálya megjelölt pontja a láthatár szélét érinti, s az óramutató a Nap felkelésének idejét, a nappálya megjelölt pontja pedig a láthatár fókainál a keleti tágasság fokaikat fogja mutatni. Azután fordíttassék a teke *nyugatra*, s az óramutató a Nap lenyugvásának idejét, a nappálya illető pontja pedig a láthatárnál a Nap nyugati tágasságát

fogja mutatni. Látjuk, hogy az eljárás hasonló ahhoz, melyet a földtekére nézve (l. a 332. lapot) írtunk le; a különbség csak abban áll, hogy a Nap ekliptikai helyének meghatározására nem kell a talált fokszámhoz 180-at hozzászámítani s hogy a földtekén a láthatár nyugati oldalán a keleti, a keleti oldalán a nyugati fágasságot találjuk. (Az ég t. i. a Földdel ellenkező irányban látszik forogni).

9) *Határoztassék meg valamely adott csillag tetőzésének s felkelésének és lenyugvásának ideje.* Állítsuk fel a tekét az adott helyhez képest szabályszerűen, igazítsuk az óramutatót a felső 12-re s keressük az előbbi pontokban adott utasítás szerint a csillagnak helyét a tekén. Azután forgassuk ezt, míg nem az adott csillag helye a réz karika alá s a nyugati és keleti oldalon a láthatárig jut. Az óra, mely felett a mutató áll, midőn az említett hely a réz délkör alatt van, a csillag tetőzésének vagyis delelésének ideje; az óra pedig, mely felett a mutató áll, midőn az illető hely az egyik és másik oldalon a láthatárt érinti, a felkelés meg lenyugvás ideje. A két idő összege a csillag nappali ívét, s ez kivonva 24ből annak éjjeli ívét mutatja.

10) *Határoztassanak meg a csillagzatok, melyek bizonyos helyre és időre nézve a Nap leszálltakor kelnek föl.* Legyen Pest s marcius 10-dike adva. Állíttassék a teke szabályszerűen, tehát az éjszakai sark $47\frac{1}{2}^\circ$ szerint, kerestessék meg a Napnak illető helye a nappályán, az adott esetben 349° , s azután e pont vitessék a teke forgása által a nyugati láthatárba. Akkor a keleti láthatáron mutatkoznak azon csillagzatok, melyek az adott helyen és napon a Napal együtt felkelnek.

11) *Határoztassék meg valamely csillag magassága és azimutja bizonyos helyre és időre nézve.* Állítsuk a tekét úgy, hogy az első pontban foglalt utasítás szerint a csillagzatok állását az adott helynek és időnek megfelelő módon mutassa. Azután a magassági körnegyed a réz délkör tetőpontjánál erősítsük meg, mely az egyenlítőtől ép annyi foknyira esik, mennyit az adott hely sarkmagassága tesz, s az így megerősített körnegyed fektessük az adott csillagra. Akkor annak azon íve, mely a láthatártól a csillagig ér, ennek magasságát, s a láthatárnak azon íve, mely a délponttól a körnegyed szegési pontjaig ér, annak azimutját (délponttávolát) mutatja. Ha a csillag éppen a délkörben áll, magasságát a réz délkörnek a láthatártól a csillagig való íve mutatja, azimutja

pedig akkor vagy 0° vagy 180° , a mint t. i. vagy dél felé vagy éjszak felé tetőzik.

12) *Határozottassék meg két állócsillagnak egymástól való távolsága.* Itt természetesen csak ívbeli, nem pedig mfdekben kifejezett távolságot lehet érteni. Ez ívbeli távolságot közvetlenül határozhatjuk meg az égtekén, ha mindkét csillag az egyenlítőn vagy a nappályán vagy ugyanazon délkörön van. Ha nem ez az eset, akkor vagy a teke forgása által a két csillagot egymás után a láthatárba hozzuk, s ott olvassuk le a közöttük elterülő ív fokait, vagy pedig úgy járunk el, mint a földtekén való két hely távolságának meghatározásánál. T. i. az egyik csillagot a réz délkör alá vivén, ezen pontnál erősítjük meg a körnegyedet, s azután a másik csillag felé fektetjük.

13) *Adatván valamely időre és földrajzi szélességre nézve valamely csillagnak magassága és azimutja, határozottassék meg annak helye.* Az égteke állíttassék az adott földrajzi szélesség szerint s az adott napnak megfelelőleg, azután forgattassék az, mignem az óramutató az adott órát mutatja. Most a körnegyed erősíttessék meg a réz délkörön s forgattassék, mignem széle a láthatár azon pontját érinti, mely az adott azimutnak megfelel. Ekkor a körnegyeden keressük fel az adott magasságnak megfelelő pontot, s ez mutatja a csillag helyét.

14) *Adatván valamely csillag és óra, határozottassék meg az évnek azon napja, melyen a megnevezett csillag az adott órában delel.* Vitessék a csillag a réz délkör alá s igazíttassék az óramutató úgy, hogy az adott órát mutassa. Azután forgattassék a teke, mignem a mutató a felső 12-re mutat, ez meglevén, a réz délkör a nappályát azon helyen szegi, melyet akkor a Nap foglal el. Ez által megtudatván a Nap helye a nappályán, a fá láthatáron megkereshetjük az évnek azon napját, mely a Nap talált helyének megfelel, s ez egyszersmind az a nap, melyen a csillag a kérdéses órában delel.

15) *Adatván valamely csillag és óra, határozottassék meg az évnek azon napja, melyen a megnevezett csillag az adott órákor felkel és lenyugszik.* A teke állíttassék az illető hely földrajzi szélessége szerint, az adott csillag vitessék a láthatár keleti vagy nyugati széléhez, a szerint, a mint vagy felkelte vagy lementé adatott, — azután az óramutató az adott órára igazíttassék; ez megtörténvén, forgattassék a teke, mignem az óramutató a felső 12-re mutat, ekkor

a Nap helye éppen a réz délkör alá esik s most ennek helye meglevén találva, az előbbi pontban megemlített módon kikereshetjük az évnék kérdéses napját.

16) *Adatván a földrajzi szélesség, a hónap napja s valamely csillag azimutja (délponttávola), határoztassék meg az éjjeli óra, mely az adott napon a csillag adott azimutjának megfelel.* A teke állításék szabályszerűen az adott szélességhez és a Nap illető helyéhez képest, azután a réz délkör azon pontjánál, mely az adott földrajzi szélesség fokánál van, erősítették meg a körnegyed, tartasék az adott azimut pontja fölött s forgattassék a teke, mignem a csillag alája kerül; akkor az óramutató mutatja a keresett éjjeli órát.

17) *Adatván a földrajzi szélesség, a Nap magassága és azimutja, határoztassék meg annak helye az ekliptikán, továbbá a hónap napja s az óra, melyeknek az adott magasság és azimut megfelel.* Állításék a teke az adott földrajzi szélességhez képest, erősítették meg az illető helyen a magassági körnegyed s tétessék oly irányba, mint a Nap adott azimutja megkívánja. Azután forgattasék a teke, mignem az ekliptika illető (tavaszi 0° — 90° , nyári 90° — 180° , őszi 180° — 270° , téli 270° — 360°) negyedének valamely pontja a magassági körnegyed azon pontja alá esik, mely a Nap magasságának megfelel. Ez lesz a Nap helye az ekliptikán, s ez meglevén találva, a fa párkányon az annak megfelelő hónapot és napot is felkereshetjük. Ha azután a Nap helye a réz délkör alá vitetik s az óramutató a felső 12-re igazittatik, s azután a teke addig forgattatik, mignem a Nap illető helye a helyzetében megmaradt magassági körnegyed illető foka alá jut, akkor az óramutató a keresett órát is fogja megmutatni.

18) *Adatván a földrajzi szélesség, határoztassék meg, meddig tart azon helyen az évnék leghosszabb napja.* Állításék a teke a hely szélességéhez képest, vitessék a nappálya 90-dik foka a réz délkör alá s tétessék az óramutató a felső 12-re; ez meglevén, forgattassék a teke kelet felé, mignem a nappálya említett foka a láthatárba esik, akkor az óramutató a Nap felkelte idejét mutatja. Azután forgattassék a teke nyugat felé, mignem az ekliptika illető foka a nyugati láthatárba jut, s ekkor az óramutató a Nap lenyugvásának idejét mutatja. Így megtudjuk, meddig tart a leghosszabb nap. Ezt úgy is megtudjuk, ha a Nap leszállásának idejét kétszer vesszük, míg a Nap felkelésének ideje kétszer véve a legrövidebb

éjszaka tartását adja. Ha azt akarjuk, hogy a leghosszabb nap tartásának idejét a teke óráján közvetlenül lássuk, vigyük a nappálya 90-dik fokát a láthatár keleti része alá s tegyük az óramutatót a felső 12-re; azután forgassuk a tekét, mignem a nappálya mondott foka a láthatár nyugati szélét érinti, s így az óra közvetlenül mutatja, hány óráig tart a leghosszabb nap. — Ha az adott hely a déli félgömbön fekszik, tehát déli szélessége van, akkor nemcsak a teke déli sarkát kell a szélességhez képest a láthatár fölé emelni, hanem a nappálya 90-dik foka helyett a 270-dik fokot is kell venni.

19) *Meg levén mondva, hány óráig tart az év leghosszabb napja, határozassék meg, a földi helyek micsoda szélessége felel meg annak.* Ha az éjszaki szélességet keressük, az éjszaki sarkot emeljük $66\frac{1}{2}$ fokkal a láthatár fölé s vigyük a nappálya 90-dik fokát a réz délkör alá s egyúttal az óramutatót a felső 12-re tegyük: azután forgassuk a tekét nyugat felé, mignem az óramutató félanyit mutat, mint a leghosszabb nap adott óraszámá. A teke ezen helyzetében nyomjuk le az éjszaki sarkot, mignem a nappálya említett pontja a láthatárba esik, s ekkor a sark magassága a láthatár fölött mutatja meg a keresett földrajzi szélességet.

Midőn a déli félgömbről van szó, a déli sarkot kell a láthatár fölé emelni s a nappálya 270-dik fokát venni.

Égabroszok. Az égabroszok a csillagos égnek egyes vidékeit, pl. a sarkok körüli, vagy az egyenlítő közelében levő csillagzatokat, vagy pedig az egész csillagos eget ábrázolják. Az többiak többnyire úgy vannak berendezve, hogy az egyik félgömböt ábrázoló lap középpontját az égi sark képezi, tehát a sarki vetület szerint vannak készítve s határoló körületek az égi egyenlítő. Az égtékeken a körök, rendszeren 10 fokról 10 fokra, mindig ki vannak húzva, az égabroszokon pedig néha csak két átmérő van, melyek egymást a sarkpontban függőlegesen szegik, s melyek közül az egyik a tavasz- és ősypontokat, a másik a nyári és téli pontokat kapcsolja össze. Azok tehát a koluroknak nevezett elhajlási köröket ábrázolják. Az egyenlítőn, vagy pedig az abrosz szélein körülskörül fokoztás látható, a fokok rendszeren 10-ről 10-re vannak megjelölve, s a csillagok egyenes emelkedésének fokait mutatják, melyek a tavaszponttól kezdve számíttatnak. Gyakran a fokok száma helyett az óráké van kitéve, a tavaszponttól kezdve körülskörül 24 óra számíttatik, tehát az egyik órától a másikig való köz 15 fokot jelent. Gyakran a 12 hónap nevei, ezeknek napjai s az állatöv jegyei

és fokai is ki vannak téve, úgy mint az égteke fa párkányán. Marcius természetesen a tavaszpont mellett áll. A tavasz- és őszipontokat összekapcsoló egyenes vonal egyik felén a csillagok északi vagy déli elhajlását jelentő fokosztás látható. Ha az abroszon a sarkpontban egymást szegő elhajlási vagyis órákörök ki vannak húzva, úgy terjednek szét, mint a kerék küllői, az egyenközi körök pedig természetesen a sarkpont körül vannak húzva, ez az ő középpontjuk. Az egyenlítőn kívül a nappálya is meg van jelölve, s néha ennek sarkpontjai és a síkjára függőlegesen eső körök is feltüntetvők. Az egyes csillagok aránylagos nagyságuk szerint vannak rajzolva, rendesen az öt vagy hat első osztálybeliek; az illető csillagzatok szerint vagy vékony vonalok, vagy pedig azoknak jelképei, különböző alakok által vannak összekapcsolva. Az égi abroszok úgy ábrázolják a csillagos eget, mint az bizonyos időben és helyen mutatkozik, s azért némi gyakorlat kell hozzá, hogy rajtuk eligazodhassunk s a csillagzatokat és egyes csillagokat az égen szerintük felismerhessük. Gyakran az égabrosz egy-egy lapja nemcsak az égnek egyik vagy másik félgömbjét ábrázolja, hanem az egyenlítőn túl terjedve, mindazon csillagzatokat is magában foglalja, melyek a fölvelt szélesség láthatárán az egyenlítőn túl mutatkoznak. Akkor a sarkok körül bizonyos távolságban vont kör azon csillagokat és csillagzatokat rekeszti be, melyek a felvett helyen mindig láthatók, azaz mindig a láthatár fölött keringenek, az ellenkező félgömbön pedig sohasem láthatók.

Tellurium, Lunarium, Planetarium. Ezen készülékek a Föld, Hold és bolygók mozgásainak szemléltetésére szolgálnak. A *tellurium* alkotó részei: 1) *gyertyatartó*, melybe a Napot ábrázoló égő gyertya tétetik; mögötte homorú fémtükör van. 2) A *láthatári korong*, mely mindjárt a gyertya alatt van, melyen úgy, mint a föld- és égtekék fa párkányán, a fokosztás, állatöv, hónapok és napok s a világtájak vannak megjegyezve. 3) A *Földet* ábrázoló kis teke, mely úgy van állítva, hogy egyenlítője a nappálya síkjával $23^{\circ} 27'$ -nyi szögletet képez.

A homorú tükör mögött és alatt kis fogantyú van, melynek segítségével a készülék mozgásba tétetik. Ekkor a Földet ábrázoló teke a tengelye körül forog s egyszersemind kellő állását megtartva, (azaz tengelye mindig egymással egyenközi irányokban maradva) a Nap körül is kering. A mint a teke a maga tengelye körül forog, felváltva mindig egyik-egyik fele van az égő gyertya felé fordítva

s tehát megvilágítva, s így a napok és éjszakák, a megvilágíttatás és sötétség köreinek váltakozását láthatjuk. Az évszakok váltakozásának és jelenségeinek szemléletessé tételére legjobb a tavasszal kezdeni. E végett addig forgatjuk a tekét, míg nem a homorú tükör alatt levő mutató a láthatáron marezins 21-dikére mutat. Látjuk, hogy ekkor a teke egyenlítője függőlegesen áll a Nap (gyertya) irányában. A megvilágítás köre a két sarkon megyen keresztül, a napszakák és éjszakák az egész Földön egyenlők. Egyszermind a mutató a Kos jegy 1-ső fokára mutat, mert a Nap ekkor ott áll. Ez a tavasz kezdete. Ha most tovább forgatjuk a tekét, a mutató épen annyi nappal halad előre, a hányszor a teke a tengelye körül forog; a megvilágíttatás köre egyúttal az éjszaki sarkon túl terjed, ez mind jobban a gyertya felé fordul, a déli sarkon pedig az ellenkező történik; a mutató lassankint a Kos jegyből a Bika jegyén át az Ikrek jegyébe kerül, míg nem június 21-dikén a nappálya első negyedén végig haladván a 90. fokot éri el. Így megy az tovább a többi hónapokon keresztül.

A Föld tekéjén kívül rendesen még a Holdat ábrázoló gömböcske is van alkalmazva. A telluriumnál a Hold csak mellékes dolog, mert az csak a Föld forgását és keringését mutatja helyesen. Azt a készüléket, mely a Hold mozgásainak szemléltetésére különösen szolgál, *lunariumnak* nevezik. Azonban nagyjából a telluriumon is láthatni a Hold mozgásait. Hogy a Hold fényváltozásait a telluriumon megfigyelhessük, úgy kell állnunk, hogy előttünk mindig a Föld s ez előtt egyenes vonalban a Hold legyen. Tehát nem maradhatunk egy helyben, hanem lassankint körül kell járnunk. A tellurium fogantyúját addig forgatjuk, míg nem a Hold épen a Nap és Föld közé jut. Ez állásában meg nem világított fele van a Föld felé fordítva s azért nem látjuk (újhold). Azután tovább forgatunk, míg nem a Hold 45 fokot halad a Föld körül, akkor a Nap által megvilágított feléből a Földről egy kis karéj látszik, mely nyugat felé esik s melynek homorú oldala a Naptól el van fordítva (növekedő Hold). Tovább forgatunk, míg nem a Hold ismét 45 fokot halad előbbre; akkor megvilágított feléből a nyugat felé eső rész látszik a Földről (első negyed). Folytatván a forgatást, a Holdnak a Föld felé fordított részén mind jobban terjedez a megvilágíttatás köre, végre midőn a Föld jut a Nap és Hold közé, ennek megvilágított fele egészen látható a Földről (holdtölte). Ismét folytatván a forgatást, a Holdnak megvilágított fele mindinkább elfordul a Földtől,

majd csak akkora része látható, mint az első negyed idejében, esakhogy más fekvése van (utolsó negyed); még tovább forgatván, a Hold világos része még csak vékony sarlót képez, melynek homorú oldala nyugat felé esik, s végre ez is eltűnik, s ismét a Holdnak sötét fele van a Föld felé fordítva.

Tellurium s illetőleg lunarium segítségével könnyen képzelhetjük magunknak azokat az eseteket, melyekben *hold- és napfogyatkozások* történhetnek. A Holdat képviselő gömb rendesen úgy van megerősítve, hogy keringésének síkja a nappályát szegi. Ha a fém rudacsát, melyen az meg van erősítve, kissé meghajlítjuk, s azután forgatjuk, látni fogjuk, hogy újholdkor a Föld és Nap közé jutván, ennek fénysugarait a Föld kisebb-nagyobb részére nézve elfedi, tehát napfogyatkozást okoz. Ellenben holdtőltekor a Föld jut a Hold és Nap közé, s így a Föld takarja el a Hold elől a Nap sugarait vagy teljesen vagy részben, s tehát akkor holdfogyatkozás támad.

Vannak nagyobb készülékek, melyek az összes bolygók mozgásainak szemléltetésére szolgálhatnak; tehát az egyes bolygókat ábrázoló gömbök különböző távolságokban keringnek az égő gyeritya (Nap) körül. Az ily készülékeket *planetariumoknak* mondják. Ha helyesen szerkesztvük, világosan láthatjuk, mily különbözően forognak és keringnek a bolygók. Míg a Föld egyszer kerüli meg a Napot, a Hold majdnem 13-szor kerüli meg a Földet, Szaturnusz és Neptunusz pedig Nap körüli pályájoknak csak kis részét futják meg.



TARTALOM.

<i>Bevezetés.</i> A legszükségesebb előismeretek a mennyiségtanból . . .	3 lapon.
<i>I. Szakasz.</i> A láthatár s az égi jelenségek a láthatáron . . .	18 »
<i>II. Szakasz.</i> Az égi jelenségek magyarázata s Földünk viszonyai az égi testekhez	44 »
<i>III. Szakasz.</i> A naprendszer. Az égi testek mozgásainak tudomá- nyos megállapítása	92 »
<i>IV. Szakasz.</i> Számítások és mérések a Földön s az Égen . . .	177 »
<i>V. Szakasz.</i> Az Ég és Föld ábrázolása	284 »

SAJTÓHIBÁK.

9 lapon	felülről	5-dik sor	$\frac{1}{59}$ -czel	helyett olvass	$\frac{1}{59}$ -del.
13	»	»	4 » talál uk	» »	találjuk
15	»	alulról	5 » 0.247	» »	0.217.
16	»	»	4 » 9.978	» »	0.978
19	»	felülről	13 » függélyes n	» »	függélyesen
21	»	»	12 » ke- kitörlendő.		
22	»	alulról	1 » el e	helyett olvass	fele
27	»	»	14 » 4°	» »	42°
29	»	»	1 » legnagyobb	» »	legnagyobb
43	»	»	10 » bolygokat	» »	bolygokat
48	»	felülről	4 » Földünk	» »	Földünk
49	»	»	18 » azért	» »	azért
49	»	alulról	3 » Földünk	» »	Földünk
58	»	»	13 » egyenlítőn	» »	egyenlítőn
59	»	»	16 » egyenlő magas- ságban	» »	egyenlő magas- ságban
62	»	felülről	9 » napszakából	» »	napszakából
63	»	»	6 » hogy az	» »	hogy az egyen-
65	»	alulról	8 » helye,	» »	helyei
65	»	»	2 » mélyföld,	» »	mélyföld-
68	»	»	5 » írja el	» »	írja le
68	»	»	3 » bocsátunk el	» »	bocsátunk le
70	»	»	7 » Richter	» »	Richter
73	»	felülről	5 » <i>AMB</i>	» »	<i>AMP</i>
73	»	»	10 » pedid	» »	pedig
74	»	»	15 » 0.7528	» »	0.7528
77	»	»	1 » nitandó	» »	nitandó
77	»	»	14 » aga	» »	ága
78	»	»	3 » folyású	» »	forgású
78	»	»	12 » 137.06	» »	138.06
78	»	»	17 » 3 lábnyira	» »	$\frac{3}{48,000}$ lábnyira
78	»	alulról	5 » Pöldünk	» »	Földünk
78	»	»	3 » torgás	» »	forgás

79 lapon	alulról	6-dik	sor	még	helyett olvass meg
80	»	9	»	déltőt	» » déltől
81	»	11	»	őszsze	» » őszzsel
83	»	felülről 15	»	fekszik hely	» » fekszik a hely
84	»	17	»	pedig nyugati	» » pedig a nyugati
91	»	6	»	melyben	» » melyben
91	»	10	»	óraíve	» » óráköre
91	»	10	»	min	» » mint
91	»	alulról 10	»	delelésig	» » deleléscig
93	»	felülről 17	»	napról	töröld ki
95	»	alulról 7	»	nikoltl	helyett olvass nikolt
98	»	7	»	0,000	» » 20.000
101	»	1	»	pályán	» » pályáján
104	»	felülről 17	»	Antilla	» » Ancile
104	»	alulról 14	»	1703	» » 1803
105	»	19	»	543	» » 5.43
106	»	felülről 3	»	2×2	» » 2×3
108	»	10	»	csakugyan	» » csakugyan
112	»	alulról 12	»	<i>T</i>	» » <i>J</i>
112	»	12	»	<i>TR</i>	» » <i>JR</i>
112	»	11	»	<i>TS</i>	» » <i>JS</i>
112	»	3	»	150	» » 1507
114	»	22	»	ban	» » ben
122	»	felülről 15	»	$\frac{1}{32}$	» » $\frac{1}{T^2}$
126	»	20	»	kain	» » kein
126	»	23	»	e	» » a
128	»	alulról 4	»	I.	» » II.
129	»	17	»	I.	» » II.
129	»	15	»	férdesé ének	» » ferdeségének
130	»	21	»	II	» » I
130	»	4	»	I	» » II
130	»	2	»	II	» » I
131	»	felülről 1	»	egyen özü	» » egyenközü
131	»	alulról 2	»	tengelyek	» » tengelyének
135	»	2	»	étt	» » ott
137	»	17	»	ü sebessége	» » szélessége
139	»	felülről 17	»	0.9856	» » 0°.9856
139	»	alulról 6	»	nyugatról ke- letre	» » keletről nyugatra
140	»	felülről 2	»	sáékány	» » sárkány
142	»	11	»	Holnak	» » Holdnak
145	»	13	»	törtéchetik	» » történhetik
146	»	8	»	függélyes	» » függélyessé
150	»	alulról 2	»	kisebb	» » kisebb
151	»	felülről 2	»	mutatio	» » nutatio

152 lapon	alulról	8	sor	assabbított	helyett olvass	lassabbított
162 »	»	7	»	feihágó	»	felhágó
166 »	»	1	»	<i>a</i>	»	<i>A</i>
169 »	felülről	12	»	befolyni	»	lefolyni
169 »	alulról	4	»	vázsgálása	»	vizsgálása
171 »	»	22	»	tegelye	»	tengelye
174 »	»	5	»	Eméletileg	»	Elméletileg
175 »	felülről	12	»	ketnél	»	getnél
176 »	alulról	8	»	minthogy	»	mintha
176 »	»	3	»	tenat	»	tehát
177 »	felülről	8 és 9	»	Alcyone nevű csillagzat	legfényeseb	töröld ki
178 »	»	4 és 20	»	Huggens	helyett olvass	Huygens
178 »	»	16	»	alkalmashatók	»	alkalmazhatók
178 »	»	19	»	Hook	»	Hook
179 »	»	7	»	nelyek	»	melyek
179 »	»	8	»	egyzer	»	egyszer
179 »	felülről	15, 17 32	»	középpontjában	»	középpontjában
181 »	»	11	»	elhajlása	»	elhajlása
185 »	»	13	»	közönsége	»	közönséges
186 »	»	13	»	keltét, kétséges	»	keltét... kétséges
189 »	alulról	2	»	mozgása	»	mozgása miatt
192 »	»	25	»	hónap	»	hónap
192 »	»	19	»	15-dikén	»	15-dikére
192 »	»	17	»	számítottok	»	számítottak
192 »	»	11	»	naptáv	»	naptár
192 »	»	5	»	allatt	»	alatt
193 »	»	3	»	Cesar	»	Caesar
194 »	»	10	»	Refir	»	Rebi
194 »	»	8	»	Sabar	»	Saban
194 »	»	7	»	Dzul-hudse	»	Dzul-hudse
200 »	»	7 és 6	»	a »19-es« maradékhoz	helyett olvass a »19-es	maradék vételessék 19-szer s ez összeghez
206 »	»	7	»	5	helyett olvass	65
207 »	felülről	4	»	azimuhját	»	azimutját
207 »	»	22	»	Thedolit	»	Theodolit
214 »	»	10	»	legkényelméb	»	legkényelmesb
221 »	alulról	4	»	osillagászt	»	csillagászt
222 »	felülről	18	»	Huggens	»	Huygens
223 »	»	14	»	Laposságba	»	Lappországba
223 »	alulról	7	»	559	»	5259
223 »	»	1	»	$\frac{1}{3 \ 3}$	»	$\frac{1}{303}$
224 »	»	14	»	2° 59' 45''	»	2° 56' 45''
236 »	a 45-dik idomban az		»	AK átmerő alsó végén	B betű	maradt ki
237 »	felülről	2	sor	a	helyett olvass az	
257 »	»	14	»	kivü	»	kivül

257	lapon	alulról	12	sor	okainak	helyett olvass	fokainak
260	»	»	9	»	terfogat	»	térfogat
261	»	felülről	15	»	látszates	»	látszatos
268	»	alulról	20	»	dőre	»	időre
268	»	»	19	»	isugár	»	sugár
269	»	»	10	»	fénysugarakat	»	fénysugarakat
269	»	»	6	»	éri	»	érni
270	»	felülről	6	»	szor	»	szer
278	»	»	17	»	Grombridge	»	Groombridge
287	»	alulról	6	»	szelvényét	»	szelvényét
288	»	»	20	»	délvonol	»	délvonal
288	»	»	16	»	alkalmaznak	»	alkalmaznak
289	»	»	9	»	kel	»	kell
292	»	felülről	12	»	nek	»	nak
294	»	»	3	»	mélyföldnek	»	mélyföldnek.
297	»	a 60-dik	idomban	z''	mellett a szögletben	X	betű hibázik.
300	»	felülről	15	sor	hálózatot	helyett olvass	hálózatot
301	»	a 64-dik	idom	meg van fordítva.			

Név- és tárgymutató.

- Abdul-Medzsid 194.
 Aberratio 268, aberratio szöglete 271.
 Abulfeda 152.
 Acre 15.
 Adar 192, Adhémar 158.
 Aequatio 152.
 Aequinoctium 28.
 Akó 15.
 Alapvonal 9, 216.
 Aldebaran 109.
 Alexandria 218.
 Alhidade 207.
 Alkmaar 232.
 Alkony 29.
 Állatöv, állatkör 39.
 Al-Mamun khalifa, arab fokmérés 219.
 Almukantarát 89
 Állósillagok 30, 279, 280 sk.
 Amphiscii 88.
 Andromeda 282.
 Anomalistikus 140, 189.
 Anthesterion 191.
 Antichthon 109.
 Antinousz 283.
 Antipodes 52, 88.
 Antocci 87.
 Apály 169, 175.
 Aphelium 85, 131.
 Apogaeum 140.
 Apoloniusz 110.
 Apsis 8.
 Arago 232, Aranyszám 191, 199,
 Áramlás 78.
 Archimedesz 110, 219.
 Are 15.
 Argo 283.
 Arisztarchusz 110.
 Arisztotelesz 110, 219.
 Árnytalan 59, 88.
 Ascii 88.
 Asteroidok 96, 102, 207.
 Asztraca 98.
 Asztrolabium 204.
 Asszuán 218.
 Átfogó 10.
 Átmérő 4.
 Átvonulási készülék 2 8.
 Auriga 283.
 Azimut 96, 102, 207.
 Baco-Roger 194.
 Bacyer 219, 224, 226, 227.
 Baily 265.
 Bak 39, 283, Bakjegyi napforduló 27.
 Beccaria 224.
 Benzenberg 68, 102.
 Berenice hajfűrtjei 283.
 Bergen-ap-Zoom 220.
 Bernoulli 259.
 Berthoud 178.
 Bessel 66, 107, 226, 229, 232, 233, 276.
 Bicezenése a Föld tengelyének 161.
 Biela 102.
 Bika 39, 283.
 Billikom 283.
 Biot 232,
 Bode 105.
 Boedromion 191.

- Bohnenberger 147.
 Bolygók 30, 43, 92, 109.
 Bolygócskák 96, 98.
 Bootes 282.
 Borda 232, Bortisch 157.
 Boscovich 224.
 Bouguer 223, 227, 261. Bouhepomp 157. Boussole 29.
 Bradley 153, 268, 271, 272, 273.
 Brandes 102.
 Brinkley 273.
 Brousseau 227.
 Burrow 224.
 Bunsen 95.
 Caesar 193.
 Calandrelli 273.
 Camus 223, 224.
 Capella 278, 283.
 Carlini 227,
 Cassini 221—224, 227, 266.
 Castor 109.
 Cavendish 264.
 Celsius 223.
 Ceresz 98.
 Centaurus 278, 283.
 Centimeter 15.
 Cepheus 282.
 Chlak 191.
 Clairault 223. Clarke 233, 235.
 Chronometer 178, 213.
 Colby 226.
 Compass 24.
 Concentrikus 5.
 Conjunctio 112.
 Cycloide 142, Cyclosok 190.
 Cygnus 278.
 Csillagászati epakta 198, — éghajlat 63, — évszak 29, — napság 28, 82, 179, 180, — óra 80, 179, csillagidő 180, csillagi hónap 41, 138, 189, csillagesoport, csillagzat 30, 281.
 Csikó 282.
 Csímboras zo 261.
 Czethal 283.
 Dagály, dagályhullám 156, 164, 172.
 Datum számítása 186.
 Decimeter 15.
 Declinatio 28, 90.
 Dekameter 15.
 De-la-Hire 222.
 Delambre 225, 227.
 Delejtű 24, 207.
 Delelése a Holdnak 213, delelő csillag 53, delelési távcső 208, delelési pontok 27.
 Dél, délszak 20, délkör 22, 89, délköri fokok 84, délvonal 22, 207.
 Delfin 282.
 Derékszög 4.
 Diameter 4.
 Diocletian 203.
 Dionysius Exiguus 203.
 Dixon 221, 227.
 Domborzata a földfelületnek 293.
 Domborzati viszonyok ábrázolása 293.
 Domborművi földképek 303.
 Draco 282.
 Duperrey 233.
 Dzul-kade 194, Dzul-hedse 194.
 Dzsemádi-el-accher 194, Dzsemádi-el-avvel 194.
 Ecliptika 40, 84.
 Egyárnyúk 88.
 Egyenes emelkedés 91, 180, 208.
 Egyenközi körök 89, — fok 84, — vonalak 3, egyenközénye az erőknak 116.
 Egyenlete a Holdnak 152.
 Egyenlítő 27, egyenlítői áramlás 76, — készülék 208.
 Egyidejű árvonalok 175.
 Egyközepű kör 5.
 Együttállás 97, 112.
 Ekphantusz 110.
 Elaphabolion 191.
 Elfedés 212.
 Elhajlási kör 89, elhajlása a csillagoknak 90, 208, 209.
 Ellenföld 109.
 Ellenlábúak 52, 87, ellenlakók 87.
 Ellipsis 7, ellipszoid 50.
 Első délkör 83, 179.
 Elul 192.
 Eltérési év 189, — hónap 140, 189.

- Encke 162, 250.
 Epakta 190, 198.
 Epicyclus 40, epicycloide 142.
 Eratoszthenes 158, 218.
 Eridanus 283.
 Esési kísérlet 68.
 Esztendő 188.
 Eudoxus 110.
 Euktemon 190.
 Euler 66, 143.
 Evectio 151.
 Everest 225, 227.
 Excentricitas 8.
 Égabrosz 343, éggömb 55, éghajlat 62, égöv 60, égteke 320.
 Éjjeli ív 26.
 Éjszak 20, éjszaktű 24, éjszaki elhajlás 28, — sark 32, — sarkkör 34, — sarkcsillag 32.
 Épszög 4.
 Érintő 4, érintői erő 117.
 Évkorok 202, évszámlálás 202, 204.
 Farkas 283.
 Felhágó csomó 42, 139.
 Fekvőleges, fekkentes 3.
 Ferde 3, ferde állása az éggömbnek 55, ferdesége a földpályának 129.
 Fernel 220, 229.
 Ferrói délkör 83.
 Félgömb 14, félteke 218.
 Fénye a Földnek 142.
 Fénykörny 95.
 Fénysugár sebessége 266, 267.
 Fényév 277.
 Fényváltozása a Holdnak 35, fényváltozati hónap 48, 139, 189.
 Fiastyúk 283.
 Fogytkozásai Jupiter holdjainak 212.
 Fok 5, fokmérés 65, 217—230, fokhá-
 lózat 289.
 Fontanelle 223.
 Fordulati év 189, — nap-esztendő 190, — hónap 189, 190.
 Fordulói, forró öv 61, 128.
 Forgómérleg 263, 264.
 Foster 233.
 Foucault 71.
 Föld 105, 125—133, — alakja 45, 75, 232. — forgása 66, — nagysága 65, 232—235, — sarkkörök 60, — távol 140, — közel 40, — mérés 216, — távolsága 241—252.
 Földképek 284, 287, 288 sk. Földgömb, földteke 316 sk.
 Földrajzi hosszúság 82, — mélyföld 65, — szélesség 63, 83.
 Fővilágítajak 20.
 Freycinet 232, 233.
 Galamb 283.
 Galilei 66, 113, 114.
 Galle 99.
 Gamelion 191.
 Gausz 200, 213, 216.
 Gautier 227.
 Gergely (XIII.) 194.
 Gergelyféle naptár 188.
 Gém 283.
 Gnomon 211.
 Godin 223.
 Gömb vagy golyó 13, 14.
 Gönezől szekere 281.
 Gradus 5.
 Gravitatio 115.
 Greenwich 83.
 Groombridge 238.
 Guglielmini 68, 153.
 Guy-Pingré 224.
 Háborgatások 120, 144.
 Hadley 204, 206.
 Hajlás, hajlási szöglet 297.
 Hajnal 229, — csillag 43.
 Hajóórák 178.
 Halak 39, 283.
 Halley 244, 249.
 Hansen 153, 250.
 Harrison 178.
 Hatszög 9.
 Hattyú 276, 282.
 Hauslab 302.
 Háromszög 9, — mérés 216, Három-
 kaszás 283.
 Hedera 203. Hegy, hegység 293 sk.
 Hegyesszög 4.

- Hekatombaeon 191.
 Hektare 15, hektolitre 15.
 Helyrajzi jegyek 292, Helyszín, helyszínrájz 289 sk.
 Heliotrop 213.
 Henger 13.
 Heraklidesz 110.
 Herkules 282.
 Herschel 93, 176, 213, 233, 275,
 Heteroscii 88.
 Hétfő 188.
 Hold 15, 41, 100, 105, 138, 188, 240, 241, — tölte 25, 141, — év 191, — fogyatkozás 43, 169, 212, — kör 190, — pálya 38, — kora 298, — táblák 153.
 Holló 283.
 Homokórák 177.
 Hónap 37, 188.
 Hook 178, Hooke 67.
 Hosszúsága a csillagnak 92, hosszúság, földrajzi 204, 211, hosszúsági körök 89, — fokmérés 227, 228.
 Hullócsillag 92, 102.
 Húr 4.
 Húsvét 197, 200.
 Hutton 262 — 265.
 Huygens, vagyis Huyghens 69, 178, 222.
 Hűvölyk 163.
 Hypothenusa 10.
 Idom 9.
 Idő meghatározása 80, — cyclus 190, — különbség 212, — mérés 177.
 Ijar 192, Ikrek 39, 284, Inertiae vis 115.
 Inga 178. — kísérletek 70, 230—232.
 Irradiatio 142.
 Isorachiák 175.
 Jakab botja 204, 283.
 James 226.
 Jansen 153.
 Japani áramlás 77.
 Julianféle naptár 188.
 Juno 98, 100.
 Jussieu 233.
 Kalippusz 110.
 Karácson 198.
 Károly, Nagy 198.
 Kassziópéja 283.
 Kater 226—232.
 Katheta 10.
 Kelet 20, kelet-nyugati vonal 22, keleti és nyugati tágasság 25, kelet hosszúság 84.
 Keletkezése a Naprendszernek 106.
 Kemencze 283.
 Kepler 66, 113—118, 120—124, 269.
 Kerékvonal 142.
 Keresztlot 204.
 Keringése a Földnek 84.
 Kerülék 7.
 Kép, mértani, távlati, körkép, madárnézleti 284, 285.
 Kétárnyúak 60, 88.
 Kidudorodások 96, 168.
 Kigyózdó görbevonat 142.
 Kigyótartó 282.
 Kilogramm 15, kilometer 15.
 Kirchhoff 97.
 Kis eb 283.
 Kiszlar 192.
 Klepszydra 177.
 Kolbe 240.
 Kolurok 89.
 Kongruens háromszögek 10.
 Kopernikus 66, — rendszere 111—113.
 Korona 168, 282, 283.
 Koszinusz 11.
 Koszmikus testek 109.
 Koszmosz 109.
 Kos 39, 283.
 Ködfoltok 30.
 Kör 4, körkivágás 5, körnegyed 6, körbeirt szöglet 5, körszellet 4, körárnyékú 60, 88, körüllakók 87.
 Körszaka a Napnak 195.
 Középfutó erő 117, középkivüliség 8, középido 181, középpretartó erő 117, középponti erők 117, középponttól elhajtó erő 69, központi nagyfogyatkozás 113.
 Közigazgatási év 193, 197, 198.

- Krisztus születése 203.
 Krosigh 240.
 Különség a térkép és földkép között 287.
 Lábpont 19.
 La-Caille 224, 225, 249.
 La-Condaminé 223, 225, 227.
 Lalande 240.
 Laplace 66, 155, 224 — 227.
 Lapos földkép 306, lapos félgömb 307,
 Láthatár, látkör 18, látszatos láthatár 52.
 Látszatos járása a csillagoknak 31 — a Holdnak 35.
 Légáramlás, egyenlítői, sarkvidéki 75.
 Léghajó 283.
 Legua 17.
 Légköri megtörése a fénynek 21.
 Lehmann rendszere 300, 301.
 Lejtőszöglet 297,
 Le-Maire 224, Le-Monnier 223, 224, Le-Roy 118.
 Leszálló csomó 47, 238.
 Leverrier 99.
 Leiden város 220.
 Libegés, libratio 143.
 Liesganig 224.
 Lili 114, 198.
 Lippershey 133.
 Luna epacta 195.
 Lunarium 345.
 Lyra 278, 282.
 Maclear 226.
 Maedler 153, 158, 159, 177.
 Maemakterion 191.
 Magassági rétegek 298, 299.
 Magassági szöglet 7, — körök 19, 89.
 Magas tenger 169.
 Magelhaens 47.
 Maraldi 222.
 Marinus 219.
 Marcheszvan 192.
 Mársz 43, 97, 98, 105, 188.
 Maskelyne 262, 263.
 Mason 221, 227.
 Másodperc-inga 178.
 Matthieu 233.
 Maupertuis 223, 225, 226.
 Mayer 153.
 Méchain 225, 227.
 Medve, nagy, kis 281, Medvevezető 282.
 Meghatározása az időnek 80, — a csillagok fekvésének 89.
 Mellékbolygók 99 — 101, — lakók 87, világtájuk 28.
 Mélyföld 14, 65.
 Mélységi szöglet 7.
 Mennyiségtani láthatár 52.
 Merkur 47, 96, 97, 105, 188.
 Mérés, mérték 14
 Mérleg 39, 283.
 Mérón 51.
 Mértékek 15 sk.
 Mértékarány 286.
 Mérsékelt öv 61.
 Mesterséges láthatár 206.
 Meter 15.
 Meteoritek 102, meteorikövek 104, — vasak 104.
 Metagitnion 191.
 Meton 190.
 Michell 265.
 Millimeter 15, Myriameter 15.
 Mohammed szökése 203.
 Moharrem 194.
 Mudge 224.
 Musschenbroeck 220, 221.
 Müffling 301.
 Nabopolassarféle időszak 202.
 Nadir 19.
 Nagyeb 192, 283.
 Nap 105, — órák 177, — idő 180, — fordító 213, — foltok 94, — órák 177, — fogyatkozás 43, 169, — pályája 38, — út 40, — közel, — távol 85, 130, — rendszer 92, — kör 196 — kúcs 196.
 Nap-éjgyenlőség 28, 110.
 Napsági körök, nappali ívek 25.
 Naptári hónap 189.
 Nap parallaxisa 241.
 Nautical Almanac 222.

- Négyszög 9.
 Nehézkedés 96, 99, 101, 105.
 Neptunusz 96, 99, 101, 105.
 Newton 66, 113, 153, 221, 222, 230, 260.
 Niccollet 227.
 Nizam 192.
 Norwood 221.
 Nundinae 188.
 Nyár 23, nyári évszak 28, — napfordulat, — napmegállapodás 28, — jegyek 40.
 Nyilas 39, 284.
 Nyugat 20, nyugati hosszúság 84.
 Nyúl 293.
 Occultatio 213.
 Octant 152.
 Oefverbom 225.
 Olympiadok 190, 202.
 Ophiuchus 278, 282.
 Oppositio 111.
 Órák 80, 178, órákörök 89, 90. szöglet 91, 208.
 Orion 283.
 Oroszlán 39, 283.
 Osymandiasz gyűrűje 192.
 Outhier 223.
 Öbli áramlás 76.
 Összehajló vonalak 5, összeálló, összevágó háromszögek 10, Ősz 29. őszi jegyek 110, őszi nap-éjegyenlőség 4.
 Ötszög 9.
 Öv 5.
 Pacificus 177.
 Pallasz 98.
 Parallaxis 237, 238, 239, 272.
 Párhuzamos vonalak 3.
 Passzát 76.
 Perigaeum 110, perihelium 85, 131.
 Periodicusz hónap 189.
 Perioeci 87, periscii 88, Perseus 283.
 Perturbatio 120.
 Phasis 35, Phoenix 283.
 Philippiféle korszak 203.
 Photosphaera 95.
 Picard 69, 221, 222, 225.
 Piazzzi 273.
 Pietet 227.
 Pion 51.
 Planiglob 307.
 Plana 227, Planum 287, 288.
 Planeta 30, 109, Planetarium 346. planetoidok 96.
 Plateau 107.
 Polgári órák 80, — napság 28, 82.
 Polus 32.
 Poseidon 191.
 Poszidoniusz 219.
 Pouillet 93.
 Profil 297, 298.
 Projectio 304, — orthographikus, centralis, stereographikus 306, Prokyon 283.
 Ptolomaeusz rendszere 108—111, 202, 219.
 Pulka observatorium 214.
 Pyanepszion 191.
 Pythagorasz 109.
 Pytheasz 219.
 Quadrans 6.
 Quarter 15.
 Quintilis 193.
 Radius vector 7.
 Rákjegyi napforduló 27, Rák 39, 283.
 Rakka 219.
 Ramadan 194.
 Rebi-el-accher, Rebi-el-avvel 104.
 Rectascensio 91.
 Redseb 194.
 Regain 191.
 Reich 68, 265, Reichenbach 229.
 Richer 70, 221, 230, 231.
 Riccioli 66, 221.
 Rómaiak évszámolása 193.
 Roy 224—227.
 Römer 266, 271.
 Saban 194.
 Sabine 232, 233.
 Santacilla 223.
 Sark 13, Sarkesillag 63, 278, 280 281, sarkkör 34, sarkkörű csillagok 32, sarkmagasság 32.
 Sas 282.

- Sárkány 282, Sárkányesóva, — fej 140, — hónap 139, 189.
 Schubert 233.
 Schumacher 226.
 Sebal 192.
 Secans 4.
 Secchi 105.
 Sector 5.
 Segment 4.
 Septilis 193.
 Settimani 260, 261.
 Sevvál 194.
 Sextilis 193.
 Sextans 204, 210.
 Shehallien hegy 262, 263.
 Sidericus év 189, siderica revolutio 138.
 Skala 286.
 Skorpio 284.
 Skirophorium 191.
 Snellius 217, 220, 221.
 Solstitium 28.
 Souterwouda falu 220.
 Sphaera 55, 110, sphaeroid 50.
 Stadium 219.
 Steinheil 229.
 Struve 226, 228.
 Súly a Földnek 261, 265.
 Svanberg 225, 226.
 Súlyodás, láthatári 53.
 Synodicus hónap 41, 190, synodica revolutio 138.
 Szafar 194.
 Szaturnusz 96, 99, 101, 105.
 Szeleukusz 110, 188.
 Szembenállás 111.
 Személyes egyenlet 215.
 Szélesség, földrajzi 63, 83, 204, szélességi körök 64, 89.
 Szélessége a csillagoknak 91, szélességi fokmérés 228.
 Szélrózsa 23.
 Széthajló vonalak 3.
 Szinus 11.
 Szindsári síkság 219.
 Sziriusz 278.
 Szkaphion 218.
 Szombat 188.
 Szoszigenesz 193.
 Szothisz 192.
 Szöglet 3, szögmérés 5, szögátvivő 6
 Szökő dagály 173.
 Szürkület 29.
 Szüz 39, 283.
 Tadmori síkság 219.
 Tágassága a Napnak 133.
 Tájékoztató 24.
 Találkozási keringése a Holdnak 138.
 Talppont 9.
 Tangens 4.
 Tapintó emeltyű 219.
 Tavasz 29, tavaszi jegyek 40, — nap-
 éjegylenlőség 179, tavaszpont 179.
 Távolsága a Holdnak 212, — a
 Napnak, 251. — az állócsillagoknak
 232 sk,
 Tehetetlensége az anyagnak 115.
 Tellurium 344.
 Tejút 30, 277, 279.
 Teljes Hold 35, teljes holdfogyatkozás
 263—165, — napfogyatkozás, 165.
 Tél 29, téli napfordulat 28, 40, téli
 jegyek 40.
 Tengely 8.
 Tenner 226, 228.
 Terep, terra'n 289.
 Térkép 287, 288. Térmérés 216.
 Természeti évszak 29, — napszaka
 28 — láthatár 54.
 Tetőpont 19, — körök 19, — vonal
 22, — tetőzési pontok 27, tetőző
 csillagok 33,
 Thargelion 191.
 Thamun 192.
 Theodolit 207, 210.
 Tiszri 192.
 Tiszti év 193.
 Tömege az égi testeknek 274.
 Tömöttsége az égi testeknek 231.
 Transporteur 6.
 Triangulatio 216.
 Tropus 27, tropikus év 189.
 Tulajdonképi holdnap 189, — nap-
 esztendő 190.

- Tüköroktans 204.
 Újév kezdete 197.
 Ulloa 223.
 Uranusz 96, 99, 101, 105.
 Utasítás a földtekék használatára 321 sk.
 Utasítás az égtekék használatára 336.
 Üstökös csillagok 92, 101.
 Változás, variatio 153.
 Vámfont 15.
 Vándoresillagok 109.
 Vasárnap 188.
 Veadar 192.
 Vedro 15.
 Venusz 43, 90, 97 105, 188.
 Vertical 3.
 Verszt 17.
 Veszta 98.
 Vetület 304. — sarki, egyenlítői, lát-
 határi, ferde, függőleges 305, táv-
 lati, lefejtési, egyenesrajzi, testraj-
 zi, középponti 306—308, Mercator
 féle, 310, 311, Gaussféle 311, Bobi-
 netféle 311, Bonneféle, Flamsteed-
 féle 312.
 Vezérsugár 7.
 Világtér mérhetlensége 276.
 Villanydelejes táviró készülék 214.
 Vízirozni 217.
 Vízórák 177.
 Vizöntő 39, 284.
 Vonalak 3.
 Wagner 234.
 Wargentín 240.
 Wrangel 226.
 Zenith 19.
 Zodiacus 39.
 Zona 5.
 Zsebórák 178.

MAGYARAKADEMIA
KÖNYVTÁRA

